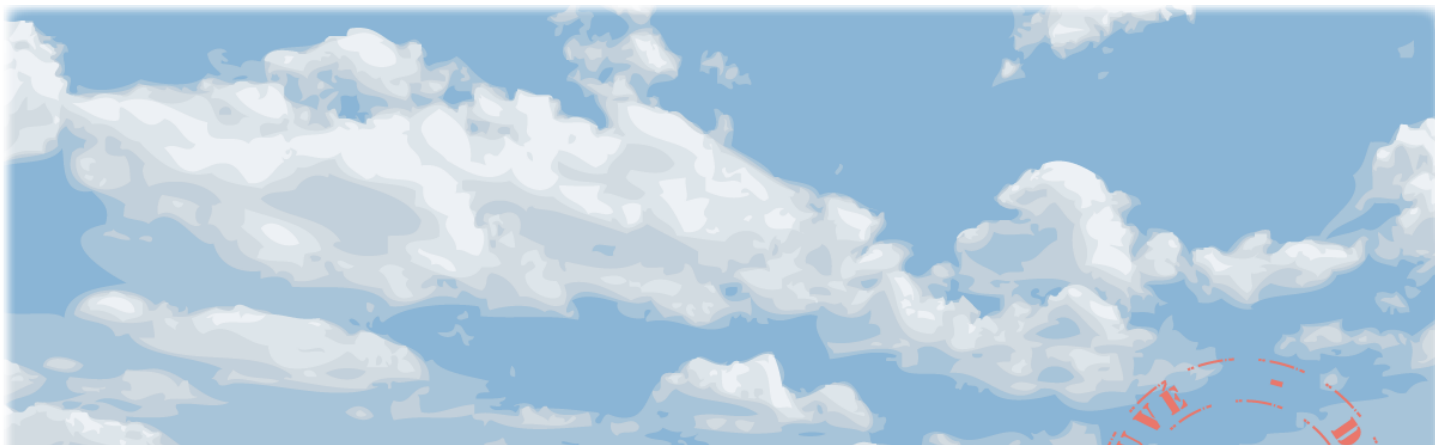




Bilan de la surveillance des retombées atmosphériques sur la zone industrielle du Havre et ses alentours

Période : 2013 à 2015

Propositions d'évolution



Avertissement

Air Normand est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Haute-Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Air Normand est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.airnormand.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Air Normand est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Air Normand par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Air Normand de leur exactitude. La responsabilité d'Air Normand ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Air Normand ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Air Normand conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Air Normand ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Air Normand, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1202-019,
Le 22 novembre 2016,
Le rédacteur,

Le responsable du pôle « Campagnes de mesure
et exploitation des données »,

Anne FRANCOIS DUBOC

Sébastien LE MEUR

Air Normand – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN
Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@airnormand.fr
www.airnormand.fr

Résumé

Une surveillance des retombées atmosphériques des métaux et des dioxines / furanes est réalisée depuis plusieurs années sur le Havre et ses alentours, par les méthodes combinées des jauges de dépôt et de bioindication (lichens ou bryophytes terrestres). Cette surveillance a tout d'abord été initiée par les installations d'incinération autour de leurs sites afin de répondre à leurs obligations réglementaires, puis élargie au fil du temps à toute la zone industrielle et ses alentours avec la volonté d'harmoniser les méthodes.

Un historique de résultats est désormais disponible autour de chaque incinérateur ou co-incinérateur soit dans les lichens, soit dans les bryophytes, et plus récemment sur une vingtaine de sites de mesure répartis sur l'estuaire avec les trois méthodes de mesure en parallèle (jauges de dépôt, lichens et bryophytes) sur la période 2013 à 2015.

Les mesures de métaux et de dioxines effectuées dans les retombées atmosphériques sur cette zone industrielle du Havre et ses alentours entre 2013 et 2015 permettent ainsi de mettre en évidence les phénomènes de retombées les plus importants sur ce secteur, à savoir la présence du nickel (provenant des émissions du raffinage mais aussi d'une usine de production du nickel située en ZI est). L'autre résultat marquant est l'observation de retombées plus élevées lorsqu'on se rapproche de l'ancienne usine Citron située en ZI sud, fermée depuis fin 2010, mais toujours le siège d'une activité de conditionnement et d'évacuation des déchets émettrice de plusieurs métaux et de dioxines / furanes.

L'impact des incinérateurs n'est pas discernable de façon univoque.

La campagne de mesure permet d'observer une décroissance des teneurs en métaux et dioxines / furanes lorsque l'on s'éloigne de la zone industrielle vers les secteurs habités du Havre et des plateaux nord, jusqu'à obtenir des résultats très faibles sur les sites maraichers en périphérie (Octeville et Gainneville).

Les 3 méthodes de mesure en parallèle (jauges, lichens, bryophytes) convergent dans leurs conclusions sur ces faits les plus marquants décrits ci-dessus.

Concernant l'évolution de la surveillance pour les années à venir, la proposition qui est faite ici cherche à redistribuer les points de surveillance des retombées en fonction de leurs objectifs (témoins du niveau de fond urbain, témoin du niveau de fond rural, témoin du trafic routier et poids lourds, points d'impact maximal sous les vents des incinérateurs de déchets dangereux en zone industrielle et de l'incinérateur des boues de la station d'épuration du Havre, points d'impact des phénomènes industriels les plus marquants de la ZI du Havre, points urbains supplémentaires d'intérêt du point de vue de l'exposition des personnes et/ou des personnes sensibles). Au vu des résultats, il est par ailleurs proposé d'alléger la surveillance en terme de nombre de sites en gardant onze points de mesures. Il est également proposé d'alterner les méthodes de surveillance une année sur deux : une année pour les jauges de dépôts et une année pour les lichens de façon à continuer à alimenter la base de données régionale pour ces 2 méthodes pour lesquelles un historique est disponible. L'arrêt de la mesure du thallium et du sélénium dans les retombées est proposée du fait des teneurs systématiquement en dessous de la limite de quantification sur tous les secteurs de mesure de Haute Normandie. Enfin, une surveillance tournante des métaux particuliers et du mercure gazeux dans l'air ambiant pourra être mise en place au moyen de campagnes de mesures sur les sites urbains où une population est exposée par inhalation, notamment des personnes sensibles comme cela est recommandé dans le guide de l'INERIS.

SOMMAIRE

1. Sigles, symboles et abréviations	6
2. Introduction	7
3. Eléments nécessaires à la compréhension du document	7
3.1. Définitions	7
3.2. Contexte	9
3.3. Approche choisie	10
3.3.1. Approche pour la réalisation du bilan des données de retombées atmosphériques	11
3.3.2. Approche pour la prise en compte des émetteurs sur le secteur (incinérateurs et autres émetteurs)	12
3.3.3. Approche de l'usage des milieux	12
3.3.4. Choix des polluants d'intérêt et du type de mesure	13
3.3.5. Choix de la période d'échantillonnage	15
3.3.6. Approche pour une analyse critique de la surveillance environnementale autour des incinérateurs de la zone industrielle du Havre	17
3.4. Matériel et modèles	17
3.5. Méthode pour l'interprétation des données	18
3.5.1. Valeurs typiques dans les jauges de dépôt en Haute Normandie	18
3.5.2. Valeurs typiques dans les lichens en Haute Normandie	19
3.5.3. Choix des valeurs repères	20
3.6. Origine des données	21
3.7. Limites	22
4. Première partie : Bilan des résultats de retombées disponibles sur l'estuaire sur la période 2013 à 2015	22
4.1. Distribution des données de retombées dans les jauges de dépôt	22
4.2. Comparaison des résultats jauges/ lichens/ bryophytes en valeurs de pointes	35
4.3. Tendances d'évolution	36
4.3.1. Evolution entre 2013 et 2015 pour les jauges sur 3 sites urbains	36
4.3.2. Evolution entre 2009 et 2015 pour les bioindicateurs sur quelques sites	37
4.4. Comparaison avec les autres secteurs de la Haute-Normandie	39
4.4.1. Pour les jauges sur la période 2009-2015 :	39
4.4.2. Pour les lichens sur la période 2009-2015 :	41
4.4.3. Pour les jauges sur l'année la plus récente : 2015 :	42
5. Deuxième partie : Analyse critique de la surveillance environnementale des incinérateurs	43
5.1. Prise en compte des émissions de métaux et dioxines sur le secteur	43
5.1.1. Influence mineure du trafic routier	43
5.1.2. Identification d'un émetteur de plusieurs polluants en zone industrielle sud	43
5.1.3. Identification d'un émetteur de nickel sur la zone industrielle	44
5.1.4. Autres émissions moins clairement identifiées sur la ZI du Havre	44
5.2. Usage des milieux	45
6. Discussion et propositions	47
6.1. Impact des incinérateurs	47
6.2. Influence du trafic routier	47
6.3. Emetteurs industriels de nickel sur la ZI du Havre	47
6.4. Autre émetteur de métaux et dioxines / furanes sur la ZI du Havre sud	48
6.5. Différence de résultats entre jauges, lichens et bryophytes	48

6.6.	Polluants d'intérêt sur le secteur.....	48
6.7.	Intérêt des mesures dans l'air ambiant	48
7.	Conclusion et recommandations	50
8.	Pages complémentaires.....	51
8.1.	Annexes.....	51
8.1.1.	Annexe 1 – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015).....	52
8.1.2.	Annexe 2 - Résultats des mesures dans les lichens sur le secteur d'étude (données Aair Lichens) sur la période 2013-2014.....	109
8.1.3.	Annexe 3 - Résultats des mesures dans les bryophytes sur le secteur d'étude (données Biomonitor) sur la période 2013-2014	110
8.2.	Bibliographie	111

1. Sigles, symboles et abréviations

Unités utilisées pour les retombées atmosphériques (dans les jauges):

- $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour} = 10^{-6}\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$: microgrammes par mètre carré et par jour
- $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour} = 10^{-12}\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$: picogrammes par mètre carré et par jour

Unités utilisées pour les retombées atmosphériques (dans les lichens):

- $\text{mg}/\text{kg MS} = 10^{-3}\text{g}/\text{kg MS}$: milligrammes par kilogramme de matière sèche
- $\text{ng}/\text{kg MS} = 10^{-9}\text{g}/\text{kg MS}$: nanogrammes par kilogramme de matière sèche

Symboles chimiques :

Sb : Antimoine

As : Arsenic

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Co : Cobalt

Cu : Cuivre

Mn : Manganèse

Hg : Mercure

Ni : Nickel

Pb : Plomb

Se : Sélénium

Tl : Thallium

V : Vanadium

Zn : Zinc

PCDD/PCDF : Dioxines et furanes (polychlorodibenzoparadioxines et polychlorodibenzofuranes). Les dioxines / furanes sont une grande famille regroupant 210 composés chimiques appelés congénères. On s'intéresse ici aux 17 reconnus les plus toxiques.

PM₁₀ : particules inférieures à 10µm mesurées en masse

Expression des résultats de dioxines et furanes en équivalent toxique :

TEF : Facteur d'équivalence de toxicité (OMS 2005)

TEQ : Equivalent toxique (OMS 2005)

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air

ARS : Agence Régionale de Santé

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (dans le cadre de ce document, DREAL de Haute-Normandie)

GPMR : Grand Port Maritime de Rouen

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des risques

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PSQA : Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air

ZI : Zone Industrielle

2. Introduction

Une surveillance des retombées atmosphériques des métaux et des dioxines / furanes est réalisée depuis plusieurs années le Havre et ses alentours, par les méthodes combinées des jauges de dépôt et de bioindication (lichens ou bryophytes terrestres). Cette surveillance a tout d'abord été initiée par les installations d'incinération autour de leurs sites afin de répondre à leurs obligations réglementaires, puis élargie au fil du temps à toute la zone industrielle et ses alentours avec la volonté d'harmoniser les méthodes.

Un historique de résultats est désormais disponible autour de chaque incinérateur ou co-incinérateur soit dans les lichens, soit dans les bryophytes, et plus récemment sur une vingtaine de sites de mesure répartis sur l'estuaire avec les trois méthodes de mesure en parallèle (jauges de dépôt, lichens et bryophytes) sur la période 2013 à 2015.

La question se pose, pour la suite de la surveillance, de l'intérêt de poursuivre l'ensemble des mesures sur tous les points de prélèvement, ainsi que de la pertinence de leur localisation par rapport aux objectifs qui sont les suivants :

- Evaluer l'impact maximal des 3 incinérateurs en termes de retombées de métaux et dioxines / furanes,
- Déterminer les principaux émetteurs, autres que les incinérateurs, sur le secteur pouvant interférer sur les résultats, et proposer une surveillance spécifique le cas échéant,
- Evaluer les retombées sur les principaux sites d'exposition d'intérêt : milieu habité, établissements recevant du public sensible (en lien avec la santé, l'enseignement, l'enfance, le sport), milieu cultivé (potagers),
- Comparer les résultats à des sites témoins de type urbain, rural, proximité du trafic routier.

Un bilan des données disponibles sur la ZI du Havre et ses alentours est donc proposé ici, site par site, dans le but d'aider à dimensionner la surveillance future. Ce bilan est disponible sur le site internet d'Air Normand www.airnormand.fr pour tout public intéressé.

3. Eléments nécessaires à la compréhension du document

3.1. Définitions

Bioindication (au sens de la bioaccumulation) : " c'est une méthode qui permet de quantifier la part des contaminants atmosphériques qui s'accumulent (bioaccumulation) dans des végétaux particuliers (exemple : lichen) prélevés directement dans l'environnement et présents naturellement dans l'environnement du site. Pour les lichens, les prélèvements sont réalisés sur des arbres ou arbustes. Des supports artificiels peuvent également être utilisés (poteaux électriques...). Les bryophytes sont prélevées sur le sol.

Ces espèces ont été choisies, car leur faible biomasse et leur morphologie les rendent particulièrement sensibles à la bioaccumulation de polluants. Après prélèvements et préparation des échantillons, les concentrations des dioxines / furanes et des métaux sont dosées dans leurs tissus." (Source : INERIS [III]).

Lichen : association symbiotique d'un hôte fongique (champignon) et d'un hôte photosynthétique (algue et/ou cyanobactérie) qui résulte en un organisme végétatif ayant une structure spécifique. La

liste des espèces fréquemment utilisées pour la bioaccumulation comprend 12 espèces de lichens. (Source : norme NF X 43-904).

Bryophyte (terrestre) : mousse terrestre utilisée comme indicateur biologique d'accumulation vis-à-vis des retombées atmosphériques d'aérocontaminants. Plusieurs espèces sont fréquemment utilisées [VIII] : *Pseudoscleropodium purum*, *Hypnum cupressiforme*, *Thuidium tamariscinum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, parmi une liste d'au moins 34 espèces possibles à prélever pour la bioindication (Source : norme NF X 43-902).

Installation d'incinération : tout équipement ou unité technique fixe ou mobile destiné spécifiquement au traitement thermique de déchets, avec ou sans récupération de la chaleur produite par la combustion. Le traitement thermique comprend l'incinération par oxydation ou tout autre procédé de traitement thermique, tel que la pyrolyse, la gazéification ou le traitement plasmatique.

Fonctions statistiques utilisées :

1^{er} quartile ou percentile 25 : c'est la valeur pour laquelle 25% des données sont inférieures à celle-ci, et 75% sont supérieures à celle-ci.

Médiane : c'est le nombre qui sépare la série ordonnée des données en deux groupes de même effectif (50% des données sont supérieures à la médiane et 50% inférieures à la médiane).

3^{ème} quartile ou percentile 75 : c'est la valeur pour laquelle 75% des données sont inférieures à celle-ci, et 25% sont supérieures à celle-ci.

Boîte à moustaches : Nommée aussi diagramme de boîte ou boxplot, cette représentation graphique permet de schématiser une série de données. La « boîte » qui contient 50% des données représente l'écart interquartile (du 1^{er} au 3^{ème} quartile). La médiane est positionnée à l'intérieur de cette « boîte ». La plupart des données d'une série est comprise à l'intérieur des « moustaches » (voir figure 1). Les valeurs extrêmes sont représentées par des croix. Plus une boîte à moustaches est allongée, plus les données sont dispersées. Ce type de représentation est principalement utilisé pour comparer rapidement 2 séries de données. Dans la suite de ce rapport, il permettra de comparer les résultats obtenus sur les différents sites de mesure.

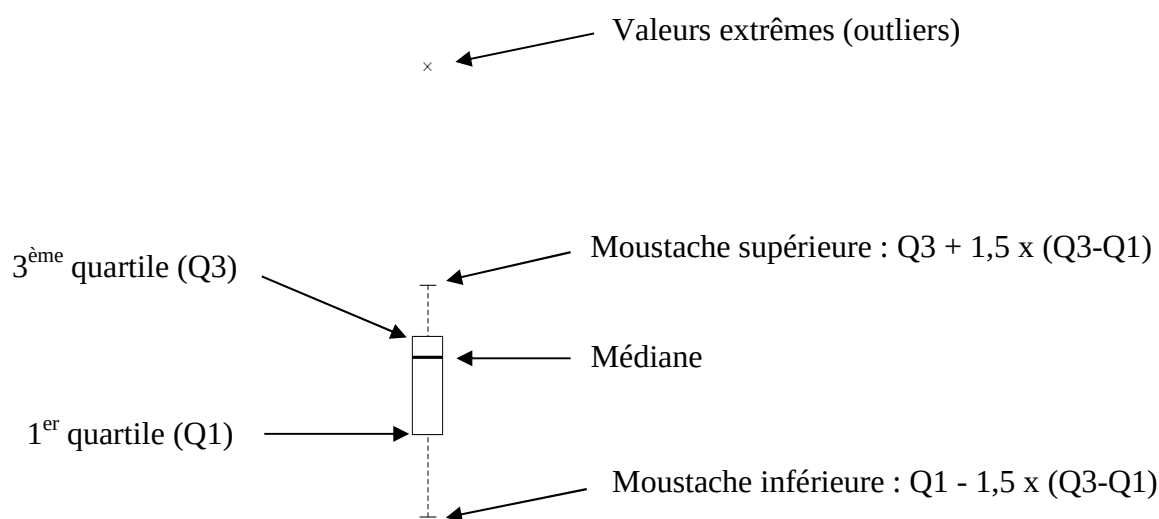


Figure 1 : Exemple de boîtes à moustaches

Percentile 95 : c'est la valeur pour laquelle 95% des données sont inférieures à celle-ci, et 5% sont supérieures à celle-ci.

Percentile 98 : c'est la valeur pour laquelle 98% des données sont inférieures à celle-ci, et 2% sont supérieures à celle-ci.

3.2. Contexte

Air Normand participe au suivi des retombées atmosphériques autour des incinérateurs de la région Haute Normandie dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (2010-2015). Ce type de mesures dans les retombées n'est pas réglementé à l'heure actuelle, mais est préconisé pour la surveillance environnementale des incinérateurs [III].

Le but, à terme, est d'harmoniser les méthodes initialement très diversifiées sur la région, de mutualiser les moyens de mesures des retombées atmosphériques et de constituer une base de données sur la Haute Normandie. Les résultats sont accessibles au grand public. Cette démarche est en accord avec les orientations de l'action IND-03 du Plan de Protection de l'Atmosphère de Haute-Normandie (PPA): "Développement de collaborations locales pour la surveillance de la qualité de l'air et l'élaboration de plans d'actions locaux".

Les études réalisées sur les données de retombées atmosphériques autour des incinérateurs de la zone industrielle du Havre entrent donc dans ce cadre. Il s'agit :

- Des études lichéniques confiées à la société Aair Lichens autour de SEDIBEX et LUBRIZOL,
- Des études au moyen des bryophytes terrestres confiées à la société Biomonitor autour de LAFARGE Ciments et de CITRON (jusqu'à sa fermeture fin 2010).

Air Normand recueille les résultats de ces études depuis 2009.

De plus, Air Normand a réalisé des mesures avec trois méthodes de mesures en parallèle (jauges de dépôt, lichens et bryophytes) sur toute la zone industrielle du Havre et ses alentours sur la période 2013 à 2014. Le rapport 1202-012-1 "Mesures des retombées atmosphériques de métaux et de dioxines / furanes sur le secteur du Havre" présente les résultats comparés des 3 méthodes sur l'ensemble de l'estuaire pour l'année 2013.

Un bilan des données existantes depuis le début de la surveillance sur ce secteur, par sites de mesure est proposé ici. Il a aussi été convenu de confronter la surveillance mise en place jusqu'à maintenant (basée sur un rapport de l'INERIS de 2001¹) avec celle préconisée dans un nouveau rapport de l'INERIS intitulé **"Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux." de 2014**. L'objectif est d'apporter des éléments pour dimensionner la suite de la surveillance.

¹ "Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM" DURIF 2001.

3.3. Approche choisie

L'approche choisie se base sur l'analyse des données disponibles entre 2013 et 2015 et sur le rapport de l'INERIS (cité précédemment) avec pour objectif de proposer des pistes d'évolutions et/ou d'améliorations du dispositif de surveillance environnementale des incinérateurs, élargie à toute la zone industrielle du Havre.

Dans une première partie, un bilan des mesures des retombées atmosphériques déjà réalisées sur la période 2013-2015 permet de faire ressortir les résultats marquants sur ce secteur.

Dans une deuxième partie, une caractérisation fine du secteur d'étude et une analyse critique de la surveillance environnementale mise en place autour des incinérateurs ont été menées, en s'appuyant sur le guide de l'INERIS pour mettre en évidence des pistes d'évolutions et/ou d'amélioration du dispositif de surveillance.

La caractérisation fine du secteur d'étude a consisté à :

- Regarder à partir des résultats si l'impact maximal de chaque incinérateur est décelable en terme de retombées de métaux et de dioxines / furanes ;
- Collecter et analyser les informations disponibles sur les autres émetteurs de métaux et dioxines / furanes sur le secteur ;
- Déterminer les zones d'intérêts en terme d'exposition du public (en particulier le public sensible vis-à-vis de la pollution de l'air).

L'analyse critique de la surveillance mise en place a quant à elle pour but de :

- Vérifier la pertinence des polluants suivis ;
- Déterminer l'intérêt des méthodes de mesures utilisées (et les limites associées) ;
- Vérifier la pertinence des stratégies d'échantillonnage temporelle et spatiale.

3.3.1. Approche pour la réalisation du bilan des données de retombées atmosphériques

Les données de retombées atmosphériques étudiées dans cette étude sont les suivantes :
(en nombre de données par polluant)

Méthode	Jauges		Pour les boxplot (détail des échantillons y compris les doublons ²)	Lichens		Bryophytes	
Période	2013 à 2015			2009 à 2015		2009 à 2015	
Site	Nom	Nombre		Nom	Nombre	Nom	Nombre
Site 1	AURH	17	34	AURH - S1.L15	2	AURH	2
Site 2	SAINTE MARIE	5	10	STE CECILE - S2.L9	2	SAINTE MARIE	2
Site 3 ³	CAUCRIAUVILLE	5	10	CAUCRIAUVILLE - S3.L19	2	CAUCRIAUVILLE	2
Site 4	FERME GUILLET	5	10	OCTEVILLE - S4.L20	2	FERME GUILLET	2
Site 5	GAEC MALO	5	10	GAIN MALO - S5.L17	2	GAEC MALO	2
Site 6	COLLEGE COURBET	17	33	COURBET - S6.L18	2	COLLEGE COURBET	2
Site 7	ECOLE ROGERVILLE	5	9	ROGERVILLE - S7.L16	2	ECOLE ROGERVILLE	7
Site 8	SANDOUVILLE	17	32	SANDOUVILLE - L1	7	CHATEAU D'EAU	2
Site 9	SAINT VIGOR	5	10	YMONVILLE - S9.L21	2	STADE MUNICIPAL ST VIGOR D'YMONVILLE	7
Site 10	VALLEE D'LOUDALLE	5	10	D80-LA VALLEE - L5	7	ETANG DE LA VALLEE	2
Site 11	GABION D'OR	5	10	MORTEMER - L2	7	RESTAU. GABION D'OR	2
Site 12	APAVE	5	10	ALIZEES - L4	7	OUEST USINE LAFARGE APAVE	7
Site 13	XPLOG	5	10	XPLOG - S13.L10	2	XP LOG	2
Site 14	BAC D'LOUDALLE	4	8	BAC D'LOUDALLE - L8	7	BAC D'LOUDALLE	2
Site 15	SDV	5	9	RIO - L7	7	SDV	2
Site 16	FRANCE LIANTS	5	10	CITRON - S16.L13	2	FRANCE LIANTS	2
Site 17	OSILUB	5	10	OSILUB - S17.L11	2	OSILUB	2
Site 18	CHEVRON	4	8	CHEVRON - S18.L12	2	CHEVRON ORONITE	2
Témoïn rural	MAISON DU PARC	17	33	BROTONNE - S19.L22	2	MAISON PARC BROTONNE	2
Témoïn trafic	A13	15	27	A13	4	ROUEN TEMOIN TRAFIC	2
Sites lichens supplémentaires				CANAL SITE - L6	7		
				SEDI OUEST - L3	7		
				LES NEIGES - L14	2		
Sites bryophytes supplémentaires						GRESLAIN	5
						NORD EST USINE LAFARGE	7

Tableau 1 : Récapitulatif des données étudiées

² Les jauges destinées à la mesure des métaux (collecteurs Bergerhoff) sont doublées sur chaque site. Afin de disposer d'un nombre suffisant de données pour calculer les Boxplot, les résultats des doublons sont pris en compte.

³ Le zinc est invalidé sur le site 3 en raison de valeurs atypiques qui peuvent s'expliquer par la proximité de la surface métallique zinguée du pylône TDF

Le bilan des données entre 2013 et 2015 comporte les points suivants :

- Distribution des données de retombées de métaux dans les jauges de dépôt, polluant par polluant, à l'aide de boîtes à moustaches. (Ce travail est réalisé uniquement pour les jauges destinées à la mesure des métaux, en raison d'un nombre de données encore insuffisant pour les autres types de mesures sur le secteur),
- Confrontation des résultats à des valeurs repères (en l'absence de seuils réglementaires),
- Comparaison entre les conclusions des études jauges, lichens et bryophytes (à propos des sites dépassant les valeurs repères),
- Tendance d'évolution des concentrations entre 2013 et 2015 (vérifiée par un test de Mann-Kendall),
- Comparaison avec les autres secteurs de la Haute-Normandie (en médiane sur chaque secteur et en dépassements du percentile 95 des données sur toute la Haute-Normandie entre 2009 et 2015).

3.3.2. Approche pour la prise en compte des émetteurs sur le secteur (incinérateurs et autres émetteurs)

La prise en compte des autres émetteurs de dioxines / furanes et de métaux sur le secteur est faite de la manière suivante :

- Mise en évidence des teneurs en dioxines / furanes et en métaux significativement supérieures aux bruits de fond sur le secteur à partir du bilan de l'historique des mesures de retombées,
- Recherche des émetteurs à l'origine de ces retombées (à l'aide d'un recoupement avec la rose des vents correspondante, les données d'activité disponibles, la distance aux voies de circulation, etc.).

3.3.3. Approche de l'usage des milieux

L'usage des milieux autour des installations d'incinération oriente le choix des sites et des méthodes. Une carte est réalisée sur la zone d'étude, afin de visualiser, d'une part les sources de métaux et de dioxines / furanes connues, et d'autre part les sites d'intérêt du point de vue de l'exposition des personnes. Elle permet de localiser :

- Les zones industrielles et portuaires (bâti industriel),
- Les installations d'incinération,
- Les émetteurs de métaux et dioxines / furanes connus,
- Les voies de circulation,
- Les zones habitées (bâti urbain),
- Les zones cultivées (jardins ouvriers / familiaux),
- Les écoquartiers,
- Les établissements recevant du public : écoles, crèches, hôpitaux, résidences de personnes âgées, établissements sportifs, etc.

Par ailleurs, une description précise de chaque site de mesure est présentée dans un tableau, indiquant si celui-ci est :

- urbain, périurbain, rural, industriel,
- sous les vents d'un incinérateur,
- sous les vents d'un émetteur exogène présumé,
- à proximité d'une voie de circulation,
- un site cultivé,

- un site d'intérêt par rapport à l'exposition des personnes sensibles,
- situé dans un éco-quartier,
- un témoin rural, ou un témoin urbain, ou un témoin du trafic routier.

3.3.4. Choix des polluants d'intérêt et du type de mesure

Le choix des polluants s'appuie sur les préconisations de l'INERIS dans son guide de la surveillance environnementale des incinérateurs et découle des obligations réglementaires des installations d'incinérations. Ainsi, les polluants d'intérêt à suivre dans l'environnement sont les dioxines / furanes et les métaux.

Les types de mesure pour ces polluants sont les suivants :

Mesures dans l'air ambiant

Une des activités courantes d'Air Normand est la surveillance des polluants dans l'air ambiant. L'exposition aux polluants dans l'air ambiant se fait par inhalation. Des valeurs réglementaires existent pour un certain nombre de polluants dans l'air ambiant. D'après le guide de l'INERIS sur la surveillance environnementale des incinérateurs, ce type de mesures peut être préconisé dans certains cas, notamment pour les métaux lorsqu'une population résidente est susceptible d'être exposée par inhalation. Par ailleurs, la mesure du mercure, métal majoritairement présent sous forme gazeuse, présente un intérêt dans l'air ambiant.

Mesures dans les retombées atmosphériques

La surveillance préconisée par l'INERIS autour des incinérateurs concerne par ailleurs un autre compartiment que l'air ambiant : les retombées atmosphériques sur le sol. Ce type de mesures n'est pas réglementé à l'heure actuelle mais est pertinent pour les métaux et a fortiori pour les dioxines / furanes. Ces polluants sont en effet susceptibles de s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire via les végétaux sur lesquels ont lieu les dépôts, puis les animaux qui les consomment et au final l'être humain. Les dioxines / furanes, en particulier, s'accumulent dans les graisses. Dans ce cas, l'exposition se fait essentiellement par ingestion.

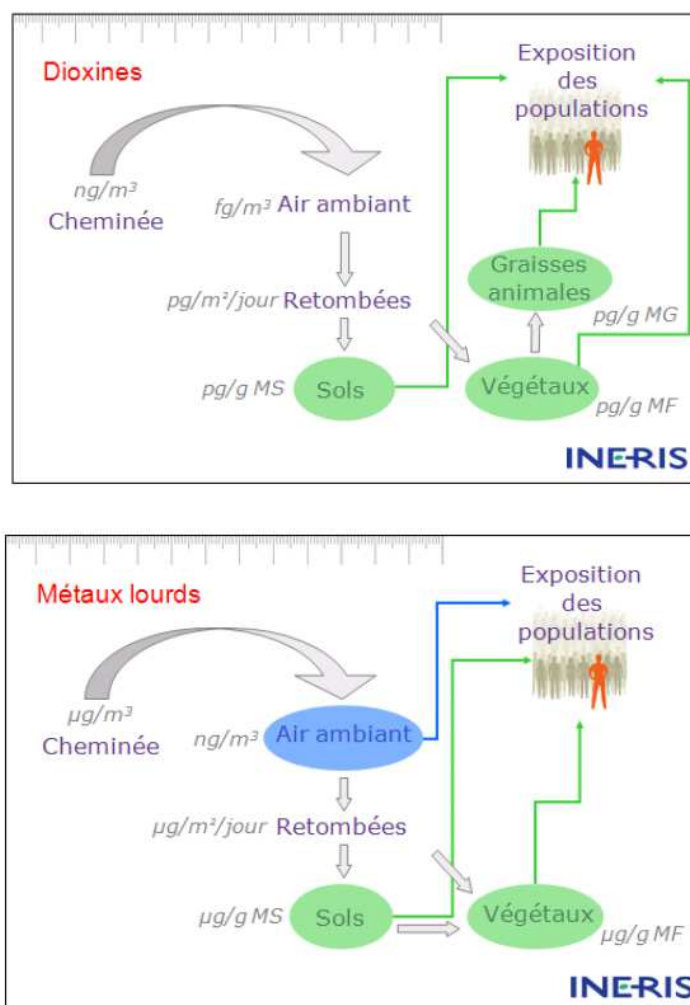


Figure 2 : Mécanismes de transfert dans l'environnement – source : INERIS

Le suivi des polluants dans les retombées atmosphériques peut s'effectuer de deux façons :

- par une mesure directe des retombées atmosphériques totales dans des jauges de dépôt : Les jauges recueillent ce qui se dépose au sol sous forme liquide (précipitations) et solide (sédimentation des particules),
- par une évaluation indirecte des retombées via l'exposition d'organismes vivants d'origine végétale ou fongique. Les lichens et les bryophytes sont ainsi utilisés pour la bioaccumulation des contaminants atmosphériques métalliques et organiques. Il s'agit d'une approche passive puisque les organismes sont prélevés in situ.

Ces méthodes peuvent être utilisées en complémentarité. Elles ne représentent pas exactement la même chose en terme d'exposition, notamment par rapport au temps d'accumulation. En effet, les jauges recueillent les dépôts de polluants sur une durée définie, ce qui n'est pas le cas des bioindicateurs.

Les jauges permettent :	Les bioindicateurs permettent :
• une flexibilité d'implantation, • une maîtrise de la durée d'échantillonnage, • de s'affranchir d'un marquage initial, • "une photographie" de la situation actuelle, • de fournir des données reconnues, par exemple dans le cas d'une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS).	• d'obtenir des résultats représentatifs des conditions moyennes (à la fois sur les retombées et l'air ambiant en ce qui concerne les lichens). Il est admis qu'une mesure dans les bioindicateurs permet d'évaluer la pollution moyenne sur une période d'environ un an précédant le prélèvement, • de faire des prélèvements après un dysfonctionnement, un incident, etc. puisqu'ils sont déjà présents sur le terrain, • l'évaluation de la présence de mercure essentiellement sous forme gazeux (les lichens étant en effet, en équilibre avec l'air ambiant).

Tableau 2 : Comparatif (non exhaustif) des avantages de chaque méthode

3.3.5. Choix de la période d'échantillonnage

- **Pour les jauges :**

Deux périodes d'échantillonnage sont réalisées dans l'année, l'une en hiver et l'autre en été, durant deux mois environ chacune. Le but recherché est de connaître la variabilité saisonnière et d'avoir au final une assez bonne représentativité de ce qui passe durant l'année entière.

Justification de l'échantillonnage temporel choisi : Des tests de prélèvements en continu ont été réalisés sur certains sites tout au long de l'année (sur l'estuaire et sur d'autres secteurs de la région) durant les années 2013 à 2015. Ils indiquent que 2 échantillonnages d'environ 2 mois suffisent dans la plupart des cas pour représenter ce qui se passe durant l'année, étant donné que les teneurs ne fluctuent que légèrement lorsqu'elles sont en dessous des valeurs repères. Un écart de moins de 30% à la moyenne annuelle est considéré ici comme acceptable d'autant plus que ce type de mesure dans les retombées ne fait pas l'objet d'une réglementation européenne. C'est le cas pour les sites urbains, ruraux, etc. Au contraire, il peut être conseillé de mesurer en continu sur l'année dans le cas particulier de la proximité directe à un émetteur dont les émissions fluctuent fortement dans le temps. A titre d'illustration, les 2 premiers exemples qui sont donnés ci-dessous correspondent à un site de typologie urbaine de l'agglomération du Havre, influencé par l'industrie (ZI du Havre), où des mesures en continu sur l'année sont réalisées. Les fluctuations des retombées de nickel et de dioxines / furanes observées sont légères. La moyenne des 2 séries d'hiver et d'été est peu différente de la moyenne annuelle (ici : moyenne de l'année 2014).

**Exemple 1 : Retombées de nickel dans les jauges
à Gonfreville l'Orcher (collège Courbet)**

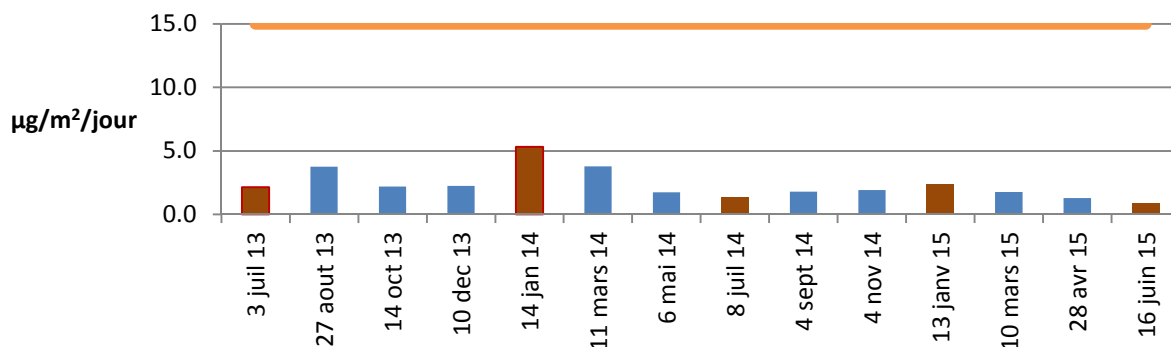


Figure 3 : Exemple d'évolution sur un rythme bimensuel (environ) des retombées de nickel sur le site de Gonfreville l'Orcher

Moyenne de l'année 2014 :	2,7 µg/m ² /jour	22% d'écart
Moyenne des 2 séries d'hiver et d'été en 2014:	3,3 µg/m ² /jour	

 : les séries d'hiver et d'été (échantillonnées sur tous les sites d'un secteur) sont coloriées en rouge

 : valeur repère choisie (valeur limite allemande pour le nickel, valeur repère proposée par le BRGM pour les dioxines / furanes).

**Exemple 2 : Retombées de dioxines / furanes dans les jauges
à Gonfreville l'Orcher (collège Courbet)**

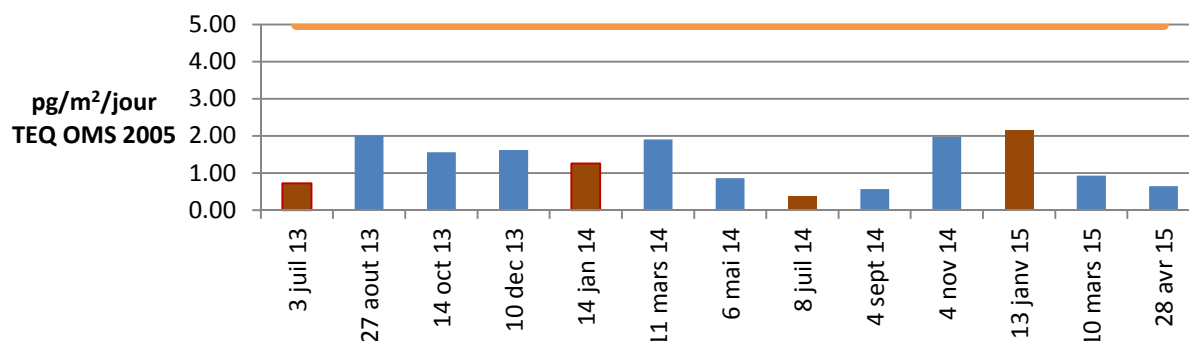


Figure 4 : Exemple d'évolution sur un rythme bimensuel (environ) des retombées de dioxines / furanes sur le site de Gonfreville l'Orcher

Moyenne de l'année 2014 :	1,16 pg/m ² /jour	29% d'écart
Moyenne des 2 séries d'hiver et d'été en 2014:	0,82 pg/m ² /jour	

Le 3^{ème} exemple, ci-dessous, est le cas particulier d'un site portuaire impacté par des fortes retombées de nickel (supérieures à la valeur repère), situé à proximité directe de l'activité portuaire émettrice. Dans ce cas, les retombées fluctuent beaucoup dans le temps. L'impact est très local et les retombées diminuent dès que l'on s'éloigne. L'écart entre la moyenne des 2 séries d'hiver et d'été et la moyenne annuelle 2014 est important (22 µg/m²/jour), bien qu'exprimé en pourcentage, il reste inférieur à 30%.

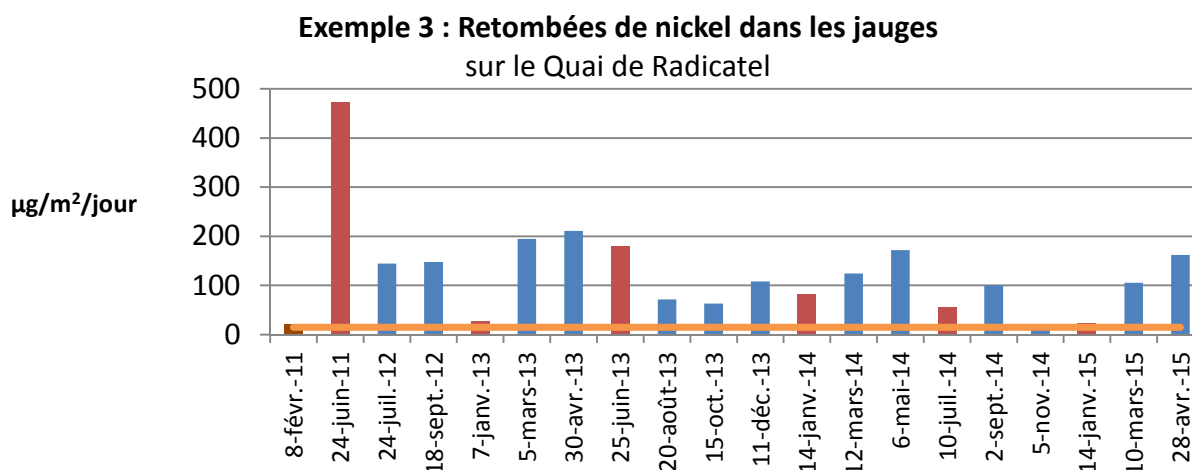


Figure 5 : Exemple de l'évolution des retombées à coté d'une activité portuaire générant localement des dépôts de nickel

Mesure sur le Quai	Moyenne de l'année 2014 :	92,1 µg/m ² /jour	24% d'écart
	Moyenne des 2 séries d'hiver et d'été en 2014:	69,9 µg/m ² /jour	
Mesure dans le village (à 2 km du quai)	Moyenne de l'année 2014 :	2 µg/m ² /jour	5% d'écart
	Moyenne des 2 séries d'hiver et d'été en 2014:	2,1 µg/m ² /jour	

- **Pour les bioindicateurs :**

L'échantillonnage se fait une fois par an, puisqu'il est admis qu'une mesure dans les bioindicateurs permet d'évaluer la pollution moyenne sur la période annuelle écoulée, précédant le prélèvement.

3.3.6. Approche pour une analyse critique de la surveillance environnementale autour des incinérateurs de la zone industrielle du Havre

Une discussion site par site s'appuiera sur l'ensemble des critères décrits précédemment afin de proposer sa pérenisation, son déplacement ou son remplacement par un autre site ou encore son arrêt.

3.4. Matériel et modèles

- **Pour le bilan des données :**

Des statistiques sont réalisées sur la base de données d'Air Normand : médiane, percentiles 95,.

Le logiciel R est utilisé pour les calculs statistiques suivants :

- Les boîtes à moustaches, qui représentent graphiquement la distribution des données de retombées,
- Le test de Mann-Kendall, qui permet de vérifier si une tendance dans le temps à la hausse ou à la baisse est significative.

3.5. Méthode pour l'interprétation des données

3.5.1. Valeurs typiques dans les jauges de dépôt en Haute Normandie

Les données de retombées dans les jauges de dépôt collectées par Air Normand sur la Haute-Normandie entre 2009 et 2015 sont en nombre suffisant pour dresser un bilan statistique et dégager des valeurs typiques enregistrées en Haute Normandie sur cette période, tous sites confondus.⁴

Ces valeurs typiques de Haute-Normandie sont appelées "valeurs repères" car elles aident à situer les résultats de retombées obtenus sur le Havre et ses alentours (en l'absence de seuils réglementaires).

Jauges de dépôt - Haute-Normandie - 2009 à 2015

en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ ou $\text{pg}/\text{m}^2/\text{j}$ TEQ OMS 2005	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD /F
Minimum	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.3	0.1	0.1	0.2	3.8	0.3
1 ^{er} quartile (perc25)	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	3.4	9.7	1.3	1.6	1.0	20.2	0.8
Médiane	0.3	0.2	0.1	1.0	0.2	6.7	16.7	2.3	3.1	1.6	40.6	1.4
Moyenne	0.8	0.5	0.2	2.0	0.7	20.8	26.1	8.7	7.0	2.2	76.9	2.0
3 ^{ème} quartile (perc75)	0.8	0.5	0.2	2.6	0.6	19.9	30.6	4.6	8.1	2.6	84.6	2.2
Percentile95	3.2	1.4	0.4	7.0	2.8	74.5	70.6	22.2	25.9	6.0	300.5	4.6
Percentile98	4.7	2.2	0.7	8.3	5.0	124.2	129.1	105.4	34.7	8.2	358.1	8.3
Maximum	21.9	4.0	7.0	20.1	9.1	568.3	317.2	473.1	171.9	29.9	897.7	31.0
Lieu du maximum	ZI PORT JEROME- SITE 5	témoign rural MAISON DU PARC	ZI LE HAVRE- SITE 16	ZI LE HAVRE- SITE 16	ZI PORT JEROME- SITE 11	ZI ROUEN- SITE 8	ZI LE HAVRE- SITE 16	ZI PORT JEROME- SITE 11	ZI LE HAVRE- SITE 16	ZI ROUEN- SITE 3	ZI LE HAVRE- SITE 16	ZI Grand Couronne
Nombre de données	496	501	480	477	492	501	501	501	501	501	495	326

Tableau 3 : Résultats des retombées dans les jauges en Haute-Normandie (tous sites confondus) entre 2009 et 2015

Se et TI : Inférieurs à LQ

⁴ secteurs pris en compte pour la Haute-Normandie (inégalement investigués en nombre de prélèvements) :

- Zone industrielle des Petit et Grand Quevilly et ses alentours,
- Zone industrielle de Grand Couronne (étude RETIA) et ses alentours,
- Zone industrielle du Havre et ses alentours,
- Zone industrielle de Port Jérôme et ses alentours (pour les métaux),
- Secteur de Guichainville (4 sites ruraux autour de l'UIOM ECOVAL),
- Le témoin trafic routier (proche de l'autoroute A13),
- Le témoin rural (Maison du Parc de Brotonne).

3.5.2. Valeurs typiques dans les lichens en Haute Normandie (source des données : Aair Lichens)

Les données de retombées dans les lichens sur la Haute-Normandie (issues des études d'Aair Lichens) ont été collectées par Air Normand entre 2009 et 2015 et saisies dans une base de données dans le but notamment de dégager des valeurs typiques.⁵

Ces valeurs typiques en Haute-Normandie aident à situer les résultats de retombées obtenus sur le Havre et ses alentours (en l'absence de seuil réglementaire). Ces résultats sont également comparés aux valeurs repères proposées par Aair Lichens.

Lichens - Haute-Normandie - 2009 à 2015 (source des données: Aair Lichens)

en mg/kg ou ng/kg TEQ OMS 2005	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Hg	Ni	Pb	V	Zn	PCDD /F
Minimum	0.1	0.1	0.0	0.7	0.1	0.3	16.0	0.0	1.2	1.8	1.0	0.4	0.4
1 ^{er} quartile	0.6	0.7	0.2	2.9	0.5	10.2	37.8	0.1	3.7	8.0	4.0	69.9	2.4
Médiane	1.5	1.1	0.4	5.2	1.1	18.8	61.0	0.1	6.9	13.0	5.9	120.5	3.6
Moyenne	1.9	1.3	0.5	5.9	1.2	55.1	74.1	0.2	14.1	21.6	6.9	174.4	5.0
3 ^{ème} quartile	2.8	1.6	0.6	7.9	1.5	34.4	101.3	0.2	15.7	24.0	8.3	204.3	6.0
Percentile95	5.0	2.8	1.1	11.7	2.3	187.9	153.7	0.5	49.2	70.6	16.0	591.2	13.1
Percentile98	6.2	3.6	1.4	18.7	2.7	599.1	172.7	0.7	71.2	106.8	20.9	835.8	16.0
Maximum	8.0	6.0	4.8	26.6	11.4	1138.3	396.0	1.8	157.0	189.0	29.0	1357.0	41.3
Lieu du maximum	ZI Rouen Beth.	ZI Rouen Patis	ZI Hav Citron	ZI Rouen VIAM	ZI Rouen Beth.	ZI Rouen Dolets	ZI Hav Citron	ZI Hav RIO	ZI Hav Sedi W	ZI Rouen Emerau.	ZI Gd Cour. Briand	ZI Gd Cour. Cordon.	ZI Rouen Jacquard
Nombre de données	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	180

Tableau 4 : Résultats des retombées dans les lichens en Haute-Normandie (tous sites confondus) entre 2009 et 2015

TI : <LQ

⁵ secteurs pris en compte pour la Haute-Normandie (inégalement investigués en nombre de prélèvements) :

- Zone industrielle des Petit et Grand Quevilly et ses alentours,
- Zone industrielle de Grand Couronne (campagne RETIA ou UPM),
- Zone industrielle du Havre et ses alentours,
- Zone industrielle de Port Jérôme et ses alentours (pour les métaux),
- Le témoin trafic routier (proche de l'autoroute A13),
- Le témoin rural (Maison du Parc de Brotonne).

3.5.3. Choix des valeurs repères

Plusieurs valeurs repères peuvent être proposées pour situer les résultats de retombées (en l'absence de valeurs réglementaires françaises sur ce type de données) :

- Jauges

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ (métaux) ou $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$ (PCDD/F)

Origine de la valeur repère	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD /F
valeur limite allemande ou suisse		4	2					15	100		400 (suisse)	
3ème quartile - statistique nationale INERIS - proximité d'UIOM		2,8	2	21		38	150	15	130		270	12
statistique nationale BRGM (> bruit de fond, proximité d'une source)												5 et 16
percentile95 données Haute-Normandie 2009 à 2015	3,2	1,4	0,4	7	2,8	74,5	70,6	22,2	25,9	6	300,5	4,6
médiane données Haute-Normandie 2009 à 2015	0.3	0.2	0.1	1.0	0.2	6.7	16.7	2.3	3.1	1.6	40.6	1.4

Les valeurs limites allemandes et suisses ainsi que les statistiques nationales rapportées par l'INERIS n'étant pas disponibles pour l'ensemble des métaux étudiés, notre choix de valeurs repères s'est orienté en priorité dans le cadre de ce rapport sur **le percentile95 des données en Haute-Normandie sur les années 2009 à 2015**, seuil qui permet de distinguer les résultats les plus élevés des résultats plus habituels. Ce choix nous permet par ailleurs de disposer de la même référence pour l'ensemble des polluants. De plus, il s'agit de données régionales et récentes, issues d'une même méthodologie (choix des sites, méthode de prélèvement, choix du laboratoire d'analyse).

Pour les comparaisons en niveaux médians, le choix s'est porté sur la médiane des données de Haute-Normandie sur la période 2009 à 2015.

En complément, les valeurs réglementaires étrangères, lorsqu'elles existent, et les valeurs typiques nationales proposées par le BRGM pour les dioxines / furanes seront également utilisées (toutes typologies confondues, années 2006 à 2009). ⁶

⁶ D'autres valeurs typiques pour les métaux proviennent de statistiques nationales réalisées par l'INERIS. Cependant, elles sont calculées sur un échantillon de données dont on ne maîtrise pas la méthodologie et qui ne propose pas, à l'heure actuelle, de seuil directement utilisable comme repère.

- Lichens

Lichens mg/kg (métaux) ou ng/kg (PCDD/F)	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD /F
Seuil de significativité d'Aair Lichens	0,7	2	0,3	5,6	1,1	12	0,2	170	4,9	12	5,6	70	2,9
percentile95 données Haute-Normandie	5.0	2.8	1.1	11.7	2.3	187.9	0,5	153.7	49.2	70.6	16	591.2	13.1
médiane données Haute-Normandie	1.5	1.1	0.4	5.2	1.1	18.8	0.1	61	6.9	13.0	5.9	120.5	3.6

- Le seuil de significativité d'une retombée dans les lichens est proposé par Aair Lichens à partir d'un calcul statistique sur sa propre base de données qui couvre des sites sur toute la France. Il correspond aux données qui s'écartent de plus de 40% du bruit de fond.
- Le percentile95 des données Haute-Normandes (2009 à 2015)** donne une information sur les valeurs de pointe.
- La médiane des données Haute-Normandes (2009 à 2015) donne une information sur les niveaux médians. Elle est souvent proche du seuil de significativité d'Aair Lichens.

- Bryophytes

Bryophytes mg/kg (métaux) ou ng/kg (PCDD/F)	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD /F
Seuil de significativité de Biomonitor	0,86	3,75	0,53	13,6	5,5	16,3	0,16	1479	7,1	18,6	17	83	2,0

- Le seuil de significativité d'une retombée dans les bryophytes est proposé par Biomonitor à partir du calcul statistique du percentile 98 sur sa propre base de données qui couvre des sites sur toute la France.
- Le nombre de résultats recueillis par Air Normand en Haute-Normandie n'est pas suffisant à ce jour pour réaliser des statistiques régionales.

3.6. Origine des données

- Données dans les jauges

Les résultats des analyses sont fournis par le laboratoire ALPA Chimies. Ils sont exprimés en pg/échantillon (pour les dioxines / furanes) et en µg/échantillon (pour les métaux). Ces résultats sont ensuite exprimés par Air Normand en "unités des dépôts de dioxines / furanes et de métaux" en divisant par la surface d'échantillonnage et par la durée d'exposition, et en appliquant les coefficients TEF (dans le cas des dioxines / furanes) pour obtenir des pg TEQ OMS 2005/m²/jour (dioxines / furanes) et des µg/m²/jour (métaux). Les données sont disponibles sur simple demande auprès d'Air Normand : contact@airnormand.fr.

- Données dans les lichens
Les résultats de dioxines / furanes et de métaux proviennent des rapports d'Aair Lichens A15-790 de 2014. Toute demande de ces rapports devra être adressée directement à la société Aair Lichens (17 rue des Chevrettes, 44470 CARQUEFOU). Les résultats sont exprimés en mg/kg (métaux) et en ng TEQ 2005/kg (dioxines / furanes).
- Données dans les bryophytes
Les résultats de dioxines / furanes et de métaux proviennent des rapports de Biomonitor. Toute demande de ces rapports devra être adressée directement à la société Biomonitor (25, rue Anatole France, 54530 Pagny sur Moselle). Les résultats sont exprimés en mg/kg (métaux) et en ng TEQ 2005/kg (dioxines / furanes).
- Valeurs repères :
Les valeurs repères utilisées dans ce rapport proviennent de valeurs réglementaires allemandes et suisse, et des valeurs statistiques proposées par l'INERIS et le BRGM dans le "Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux." de 2014". D'autres sont calculées par Air Normand à partir de sa base de données, et par Aair Lichens et par Biomonitor à partir de leurs bases de données.

3.7. Limites

- Les mesures des retombées atmosphériques sont préconisées pour la surveillance environnementale des incinérateurs. Cependant elles ne sont pas réglementées en France. Il n'existe pas de seuil réglementaire ni sanitaire auquel confronter les résultats. Les valeurs repères disponibles au niveau national ou d'autres pays, utilisées dans ce rapport pour interpréter les résultats (détaillées au paragraphe 3.5), n'ont pas la même signification d'un polluant à un autre, ni d'une méthode à l'autre.
- Les sites de mesure ont été ajoutés au fur et à mesure des besoins détectés. On ne dispose pas d'un historique aussi important pour chacun d'eux, ce qui ne permet pas de calculer les tendances d'évolution des polluants sur tous les sites.
- Les emplacements des jauges et des bioindicateurs ne coïncident pas toujours parfaitement du fait des contraintes de terrain, ce qui peut expliquer certaines différences dans les résultats.

4. Première partie : Bilan des résultats de retombées disponibles sur l'estuaire sur la période 2013 à 2015

4.1. Distribution des données de retombées dans les jauges de dépôt

(Le nombre des données étudiées par site est indiqué au paragraphe 3.3.1.)

La distribution des données de retombées dans les jauges de dépôt est présentée, polluant par polluant, dans les pages suivantes.

Dans le cas du tracé des boxplot pour les métaux, tous les résultats des échantillons (doublés sur chaque site) sont pris en compte, afin de disposer d'un nombre suffisant de données.

- **Antimoine**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

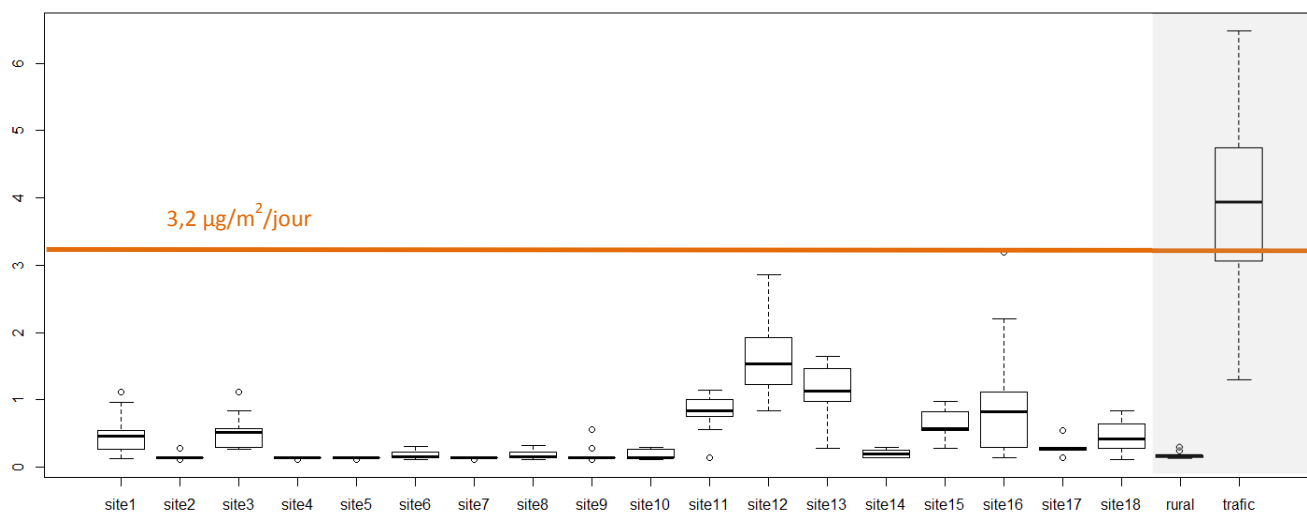


Figure 6 : Distribution des retombées d'antimoine entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le témoin trafic, situé hors zone d'étude en bordure du trafic de l'autoroute A13, enregistre clairement les retombées d'antimoine les plus élevées. Sur l'estuaire, ce sont les sites industriels qui présentent les plus fortes retombées d'antimoine (sans toutefois dépasser le seuil de référence régional). L'origine de l'antimoine en zone industrielle est probablement mixte (émissions industrielles et trafic routier et poids lourds).

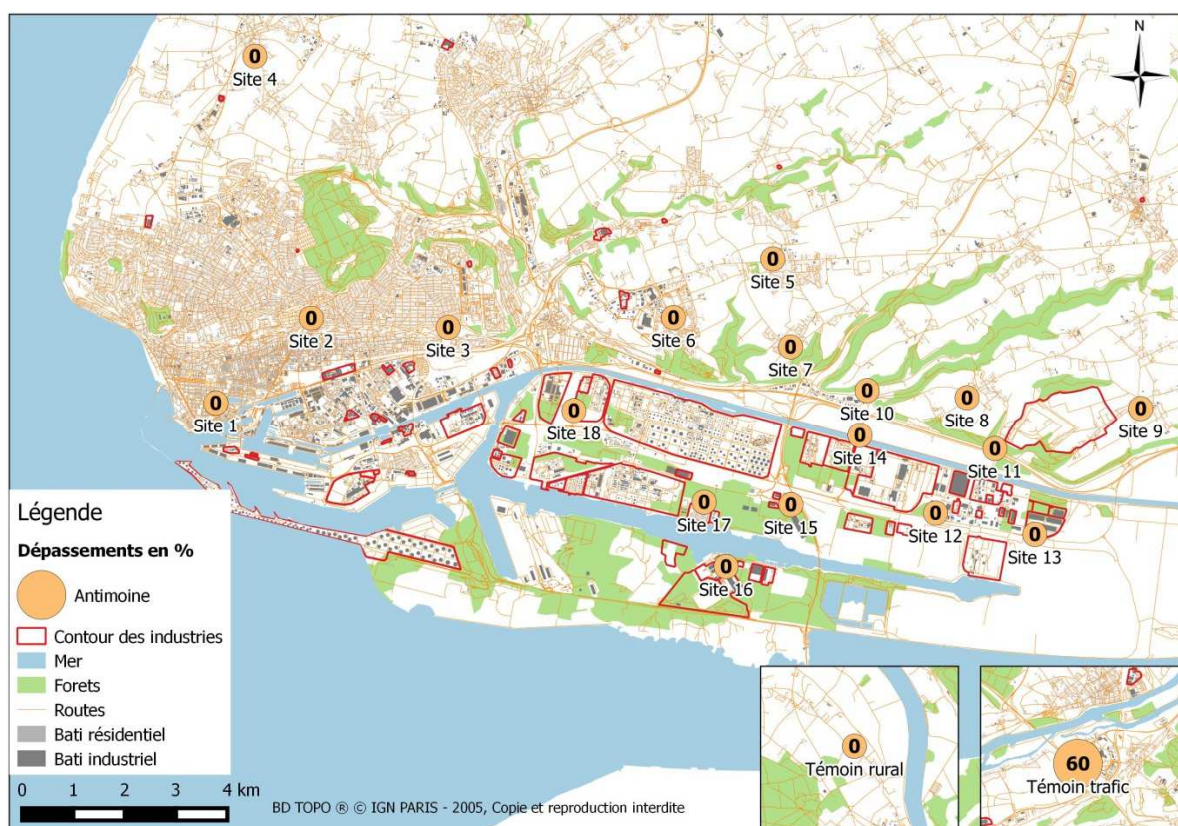


Figure 7 : Fréquence des dépassements de 3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ d'antimoine entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Arsenic**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

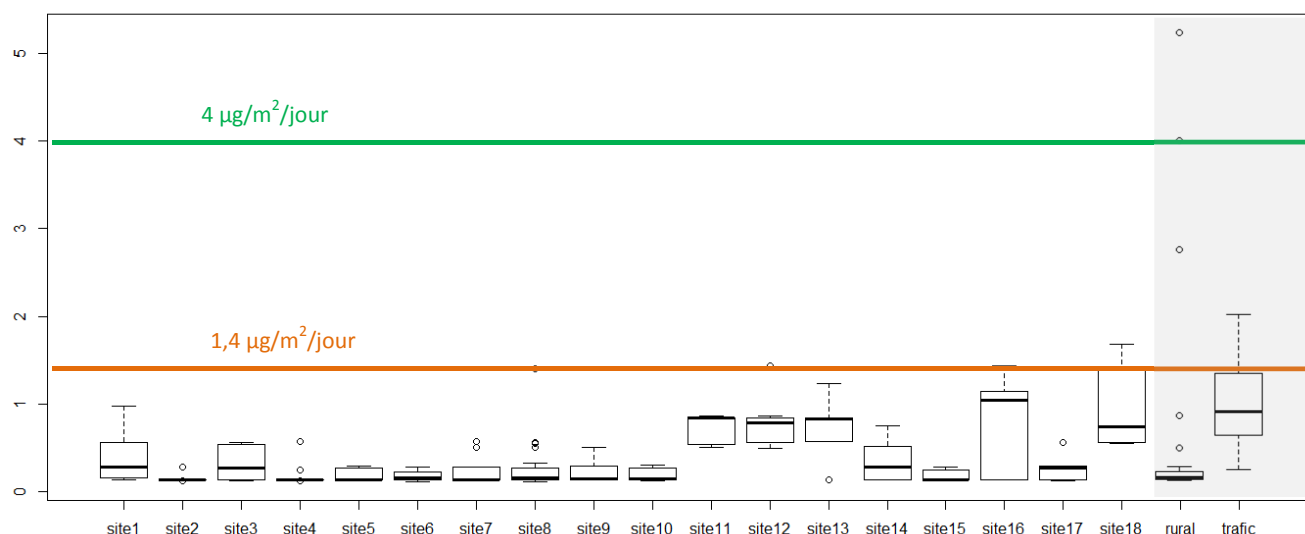


Figure 8 : Distribution des retombées d'arsenic entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site le plus impacté par les retombées d'arsenic (en valeurs de pointe) sur l'estuaire est le point 18 (Chevron/ Cormoran). En médiane, c'est le site 16 (France Liants à proximité de l'ex-usine Citron) qui présente les rétomées le plus élevées. Des retombées d'arsenic sont aussi mesurées sur le témoin trafic situé en bordure de l'autoroute A13 (hors zone d'étude). Quelques retombées ont été enregistrées par ailleurs de façon épisodique sur le site témoin rural de la Maison du Parc de Brotonne (hors zone d'étude).

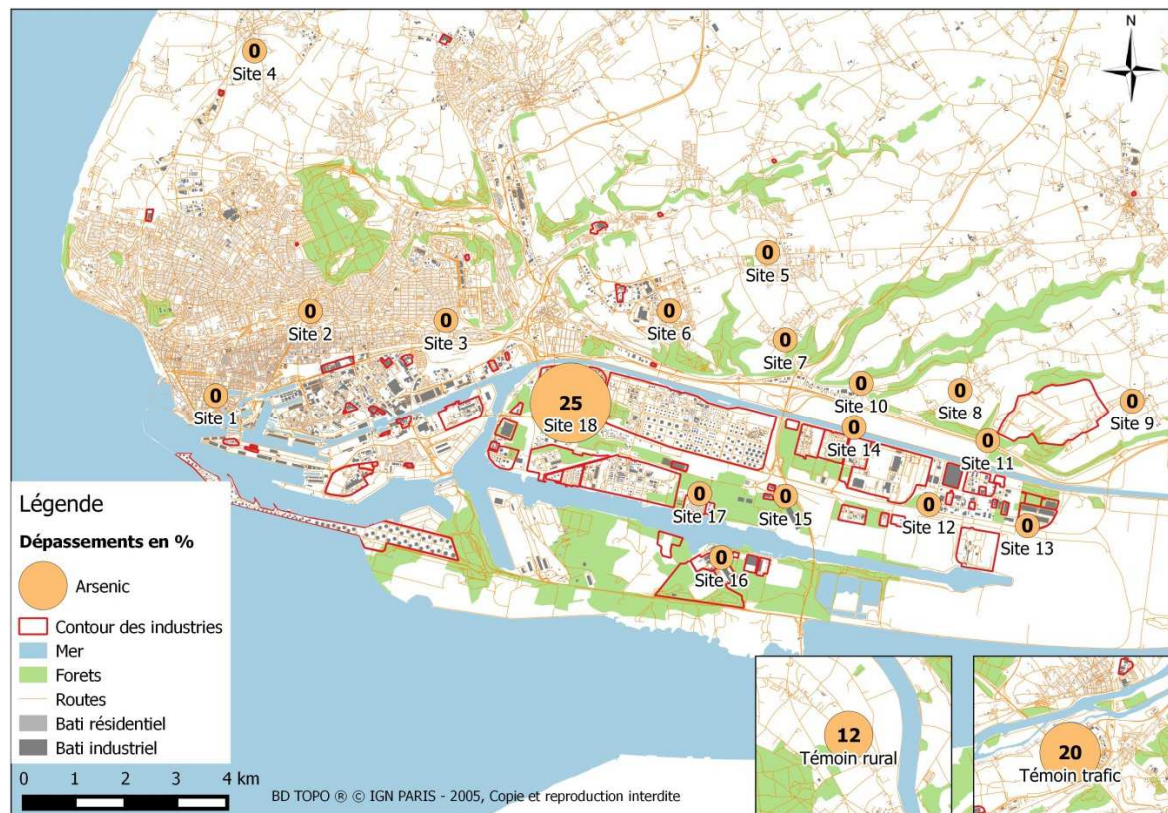


Figure 9 : Fréquence des dépassements de $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ d'arsenic entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Cadmium**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

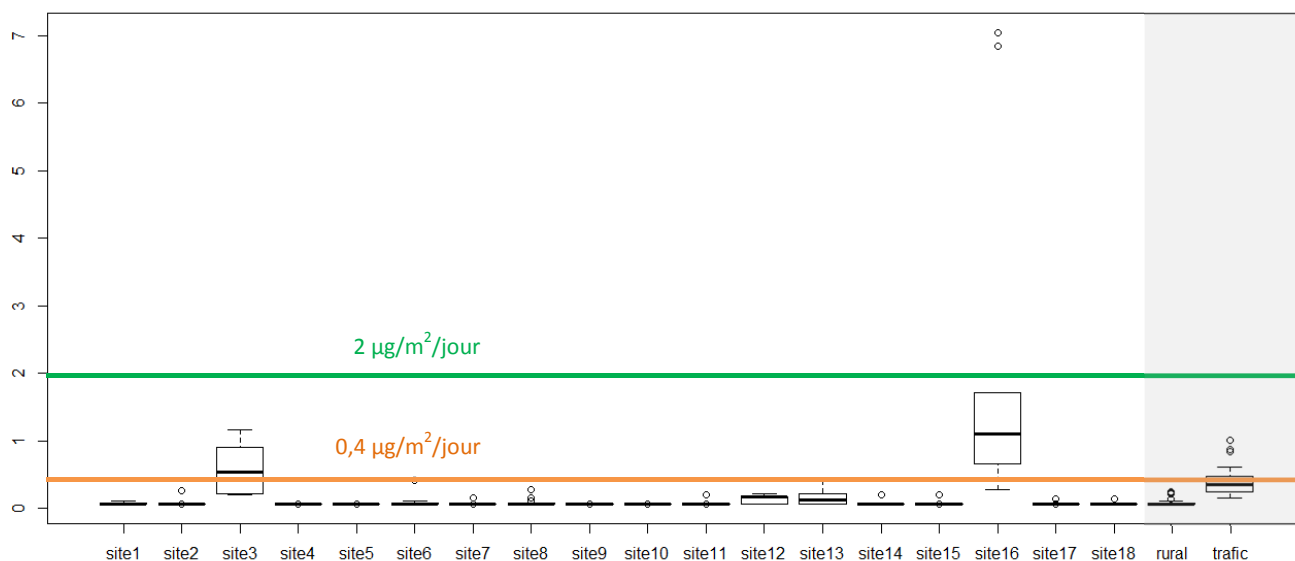


Figure 10 : Distribution des retombées de cadmium entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site 16 (à proximité de l'ex-usine Citron) et dans une moindre mesure le site 3 (à Caucriauville) présentent les retombées de cadmium les plus élevées. Les retombées de cadmium peuvent par ailleurs être en partie dues au trafic (voir le témoin trafic en bordure de l'autoroute A13).

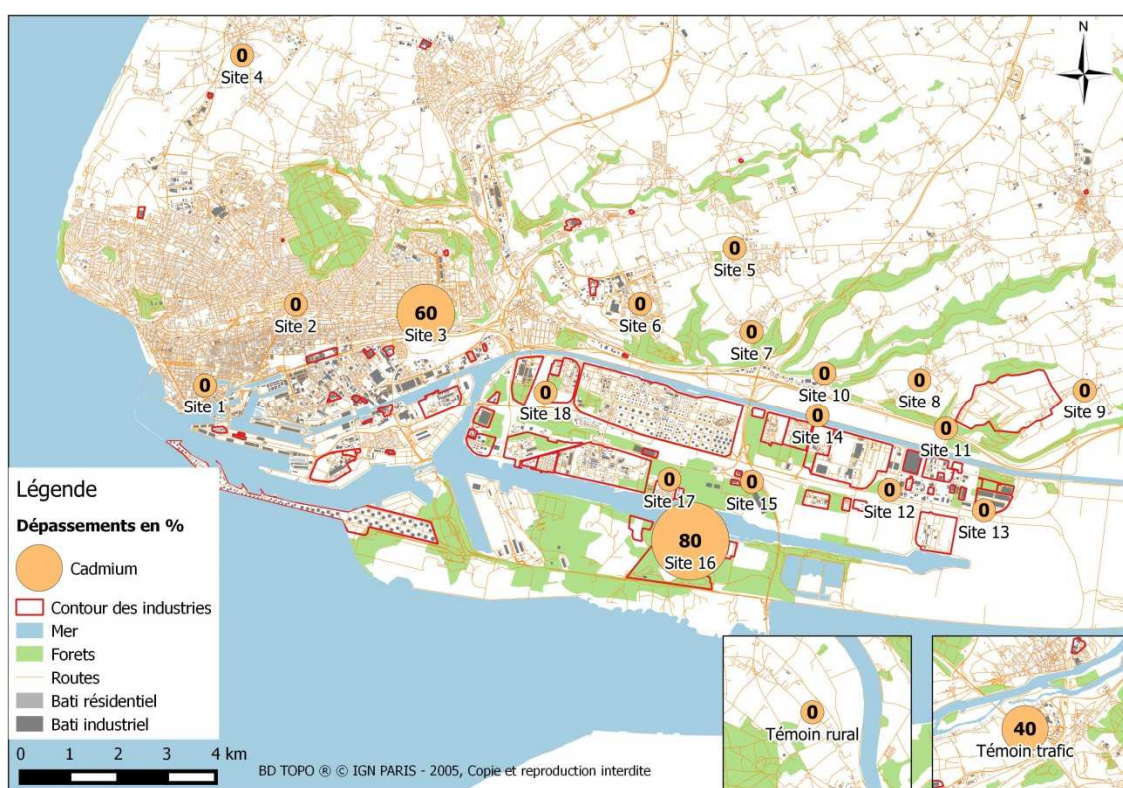


Figure 11 : Fréquence des dépassements de $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de cadmium entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Chrome**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

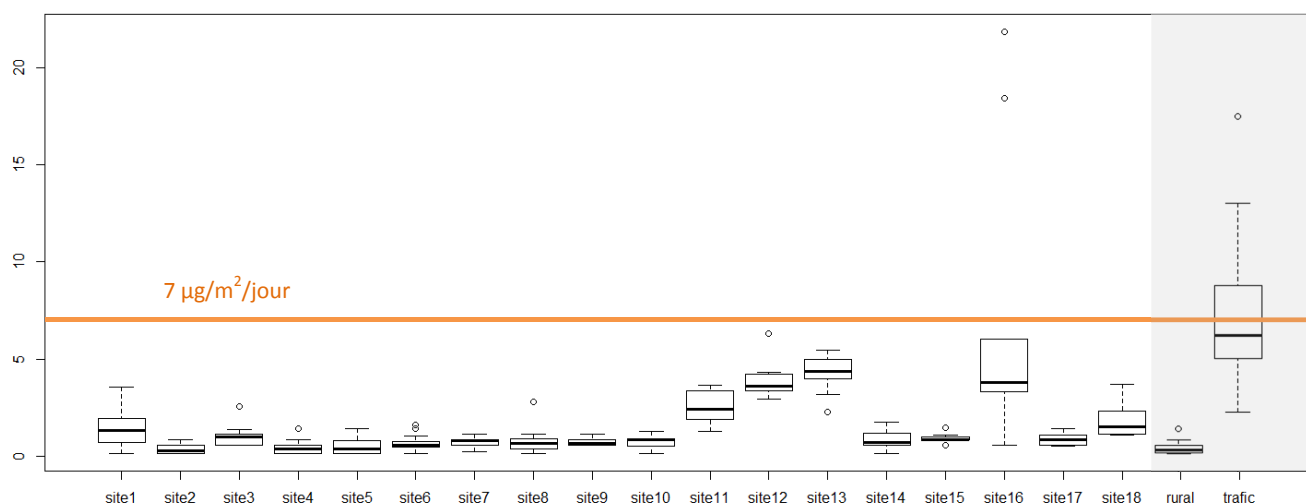


Figure 12 : Distribution des retombées de chrome entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site 16 (France Liants) à proximité de l'ex-usine Citron présente les retombées de chrome les plus élevées sur l'estuaire. Par ailleurs, les retombées de chrome sont enregistrées de façon notable en bordure du trafic routier et poids lourds (voir le témoin trafic en bordure de l'autoroute A13).

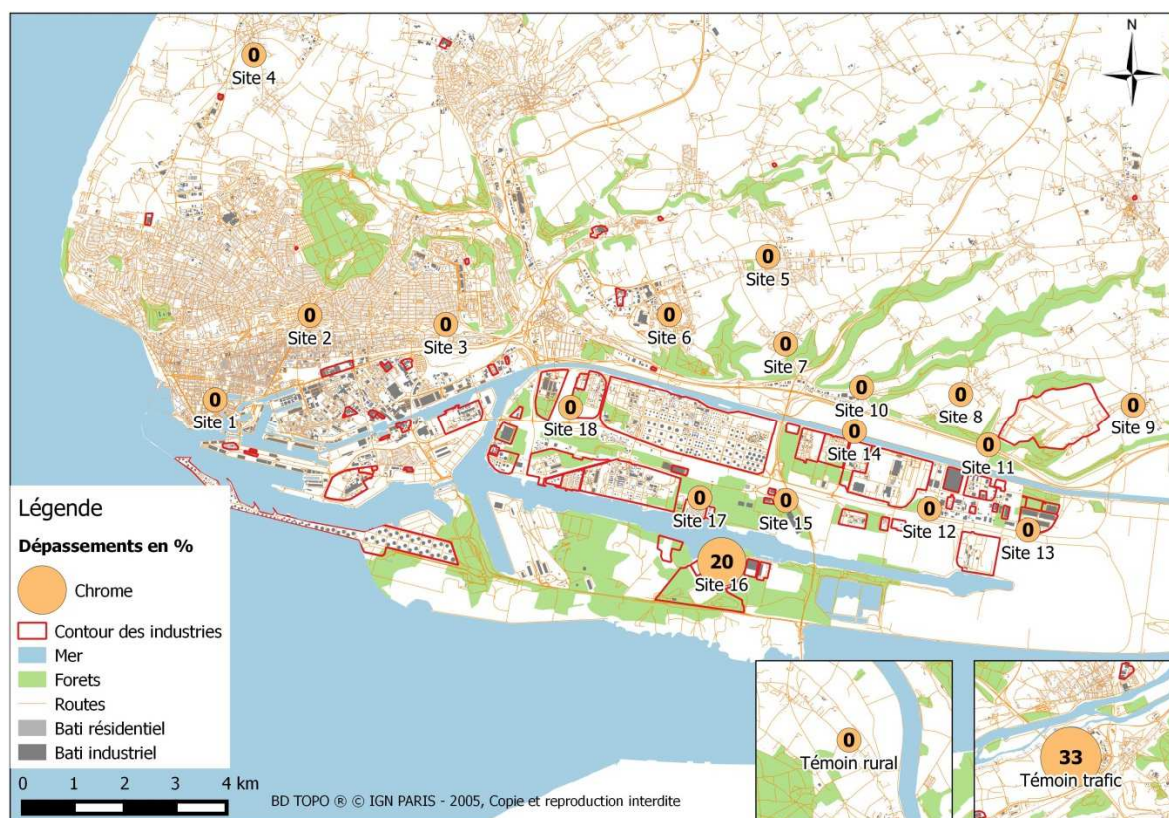


Figure 13 : Fréquence des dépassements de $7 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de chrome entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Cobalt**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

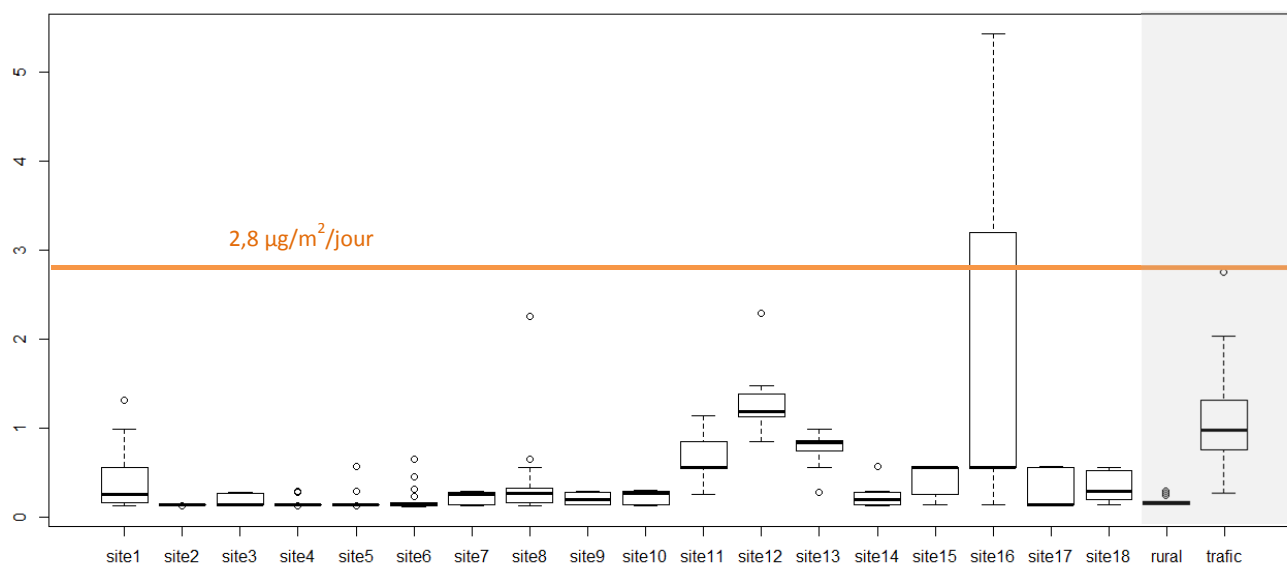


Figure 14 : Distribution des retombées de cobalt entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Un site enregistre des retombées de cobalt au dessus de $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$: Il s'agit du site 16 (France Liants), à proximité de l'ex-usine Citron. En médiane, les résultats les plus élevés sont mesurés sur le site 12 (APAVE) et sur le témoin trafic en bordure de l'autoroute A13, sans dépasser toutefois la valeur repère régionale.

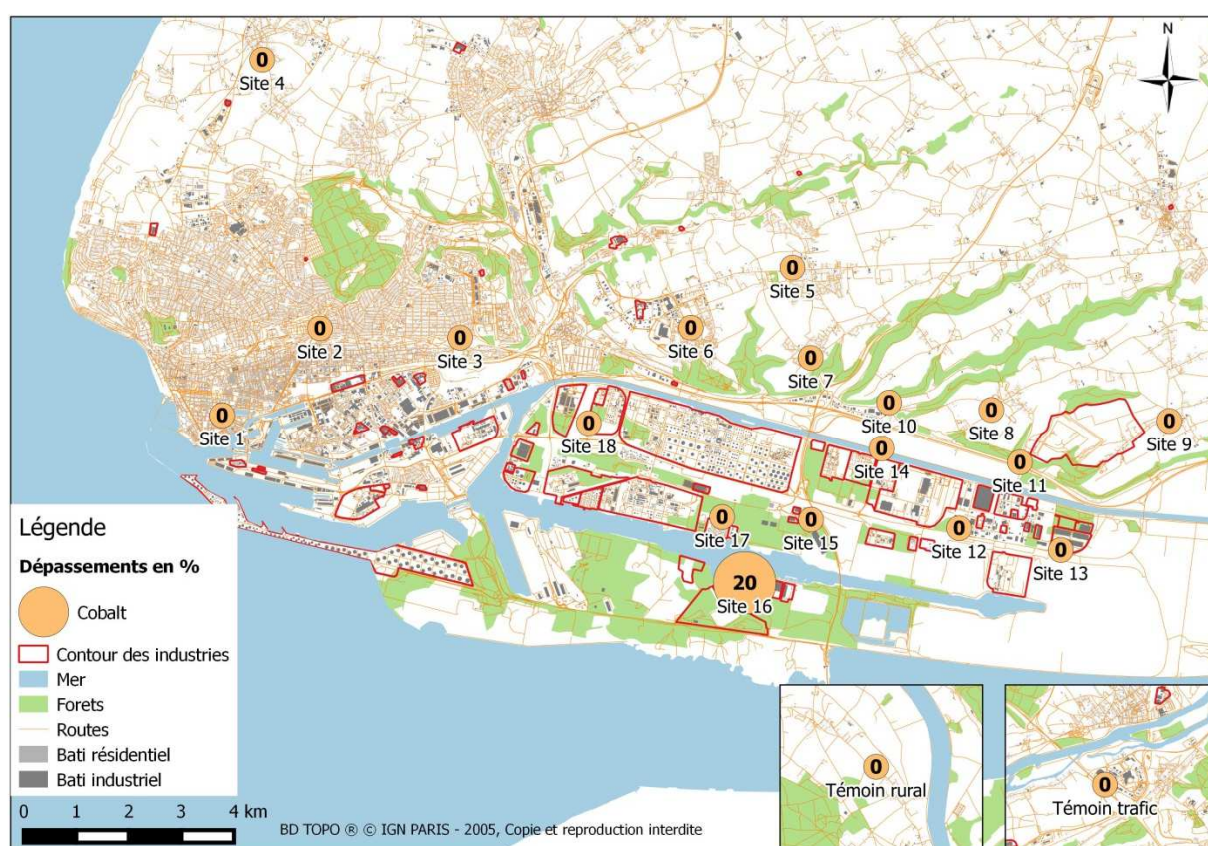


Figure 15 : Fréquence des dépassements de $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de cobalt entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Cuivre**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

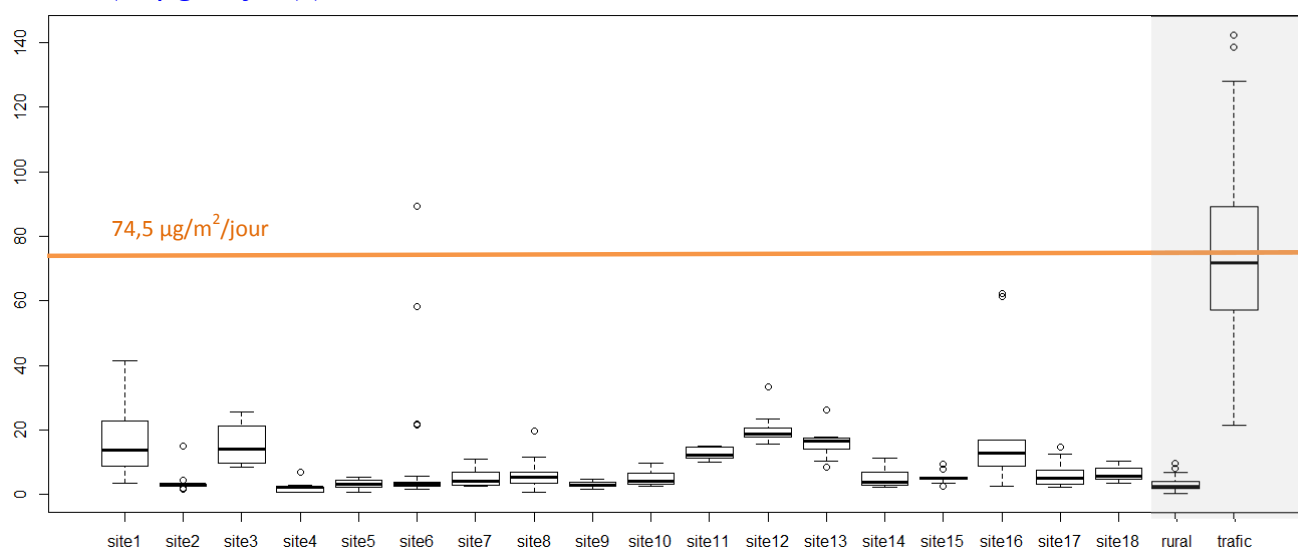


Figure 16 : Distribution des retombées de cuivre entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Un site se détache des autres avec des valeurs de retombées de cuivre nettement plus élevées : le site témoin trafic en bordure de l'autoroute A13 (hors zone d'étude). Les résultats des sites de mesure de l'estuaire sont en dessous de la valeur repère régionale (mis à part une valeur occasionnelle dans un des 2 collecteurs installés sur le site 6 de Gonfreville).

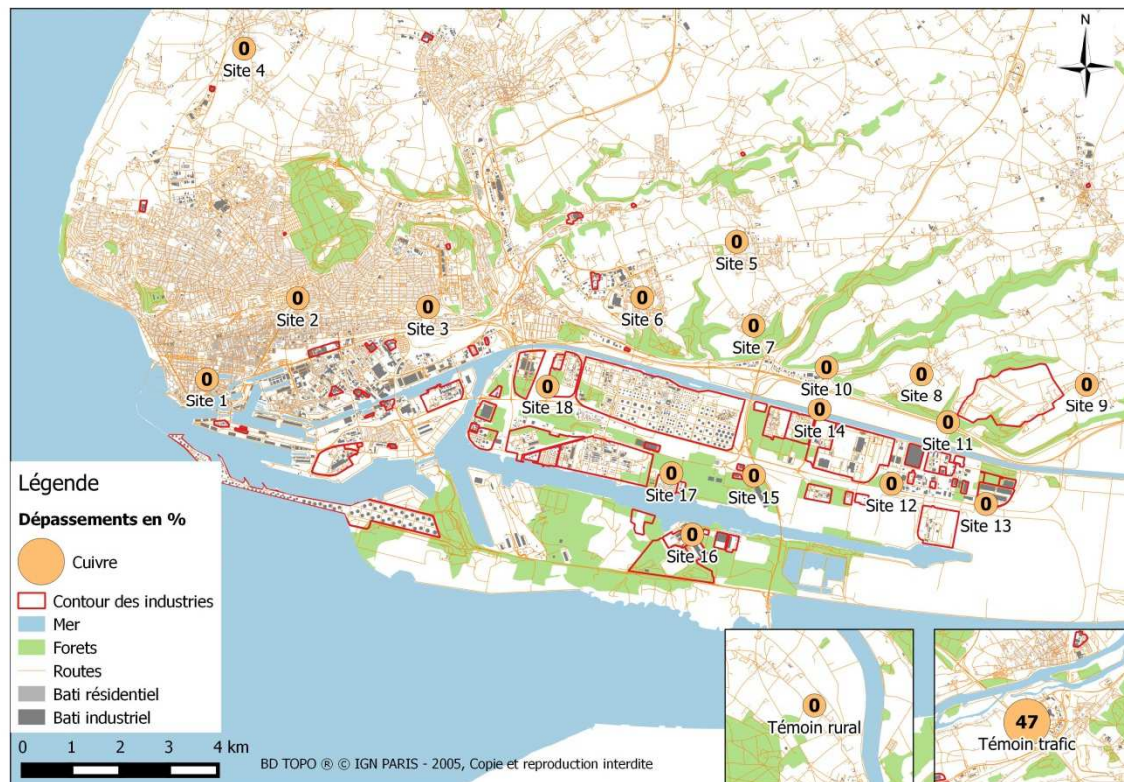


Figure 17 : Fréquence des dépassements de $74,5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de cuivre entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Manganèse**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

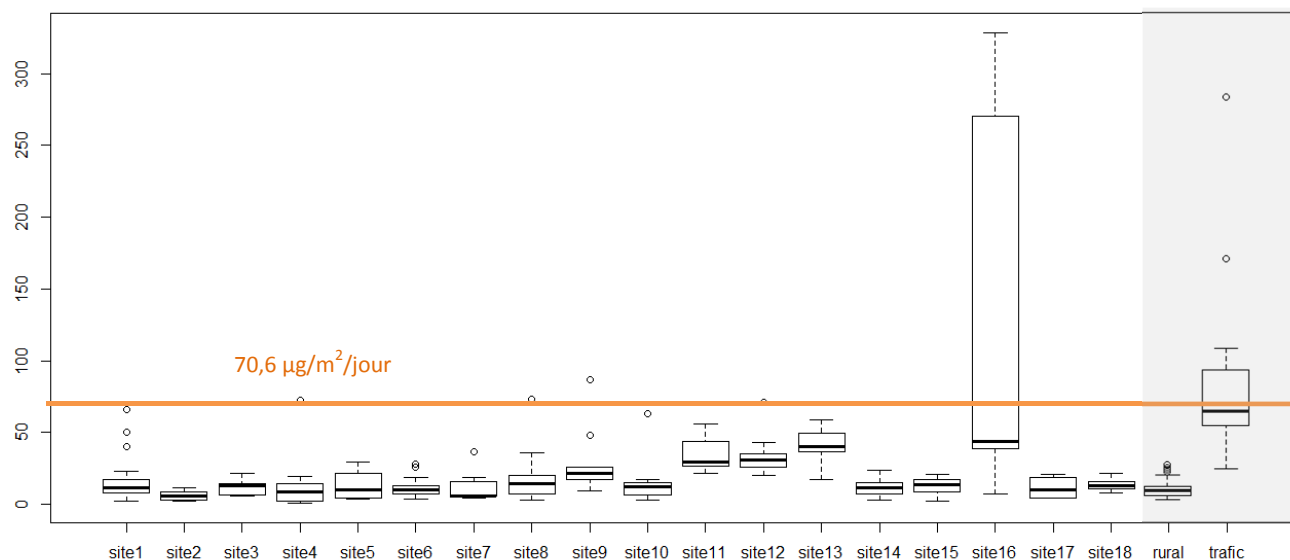


Figure 18 : Distribution des retombées de manganèse entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site 16 (France Liants) à proximité de l'ex-usine Citron, enregistre de nombreuses pointes de manganèse. Par ailleurs, les retombées de manganèse sont présentes en bordure du trafic sur le témoin trafic (hors zone d'étude).

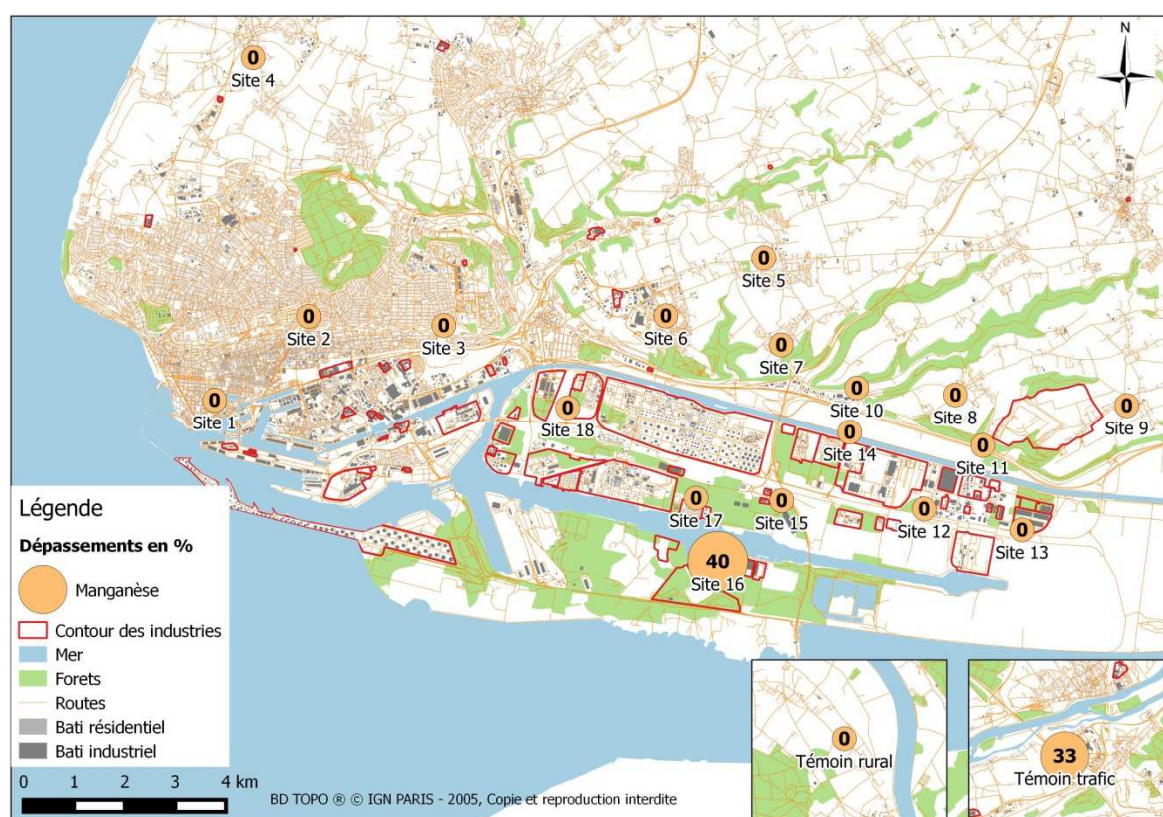


Figure 19 : Fréquence des dépassements de $70,6 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de manganèse entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Nickel**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

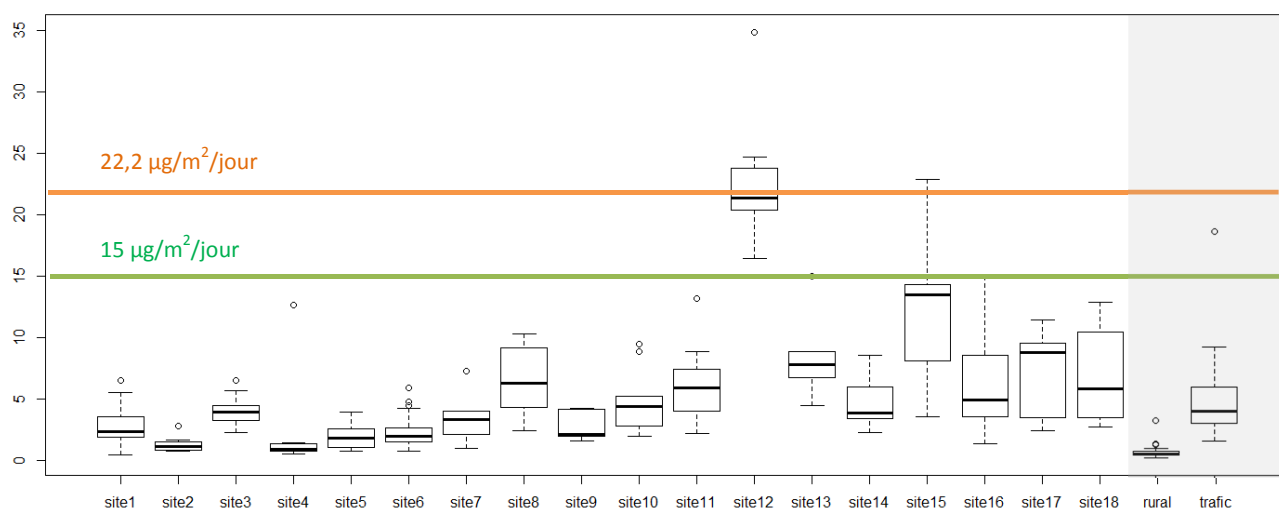


Figure 20 : Distribution des retombées de nickel entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Un site se détache des autres avec des valeurs de retombées de nickel élevées : le site 12 (APAVE). Le deuxième site qui enregistre des retombées de nickel supérieures aux valeurs repères régionales est le site 15 (SDV) central par rapport à la ZI.

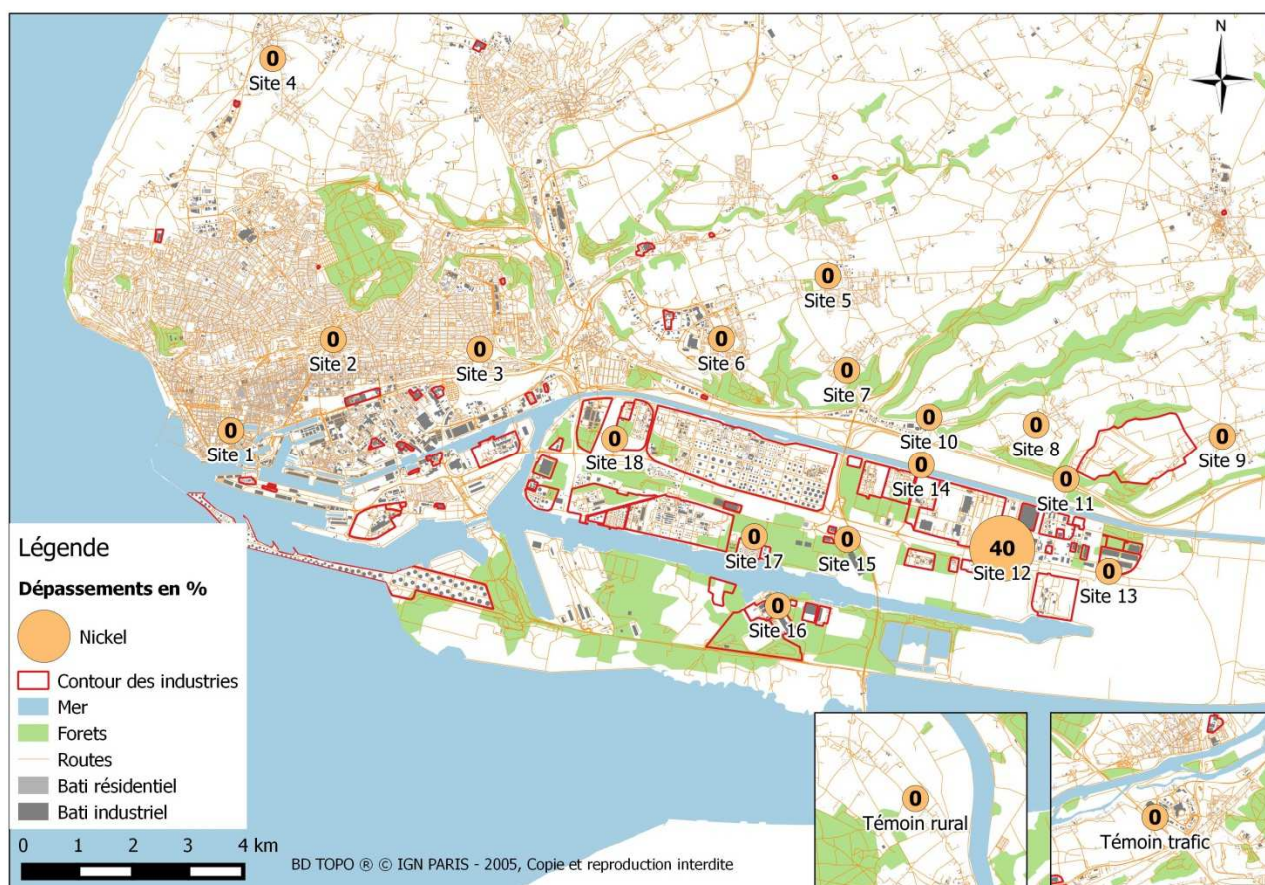


Figure 21 : Fréquence des dépassements de $22,2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de nickel entre 2013 et 2015 :

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Plomb**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

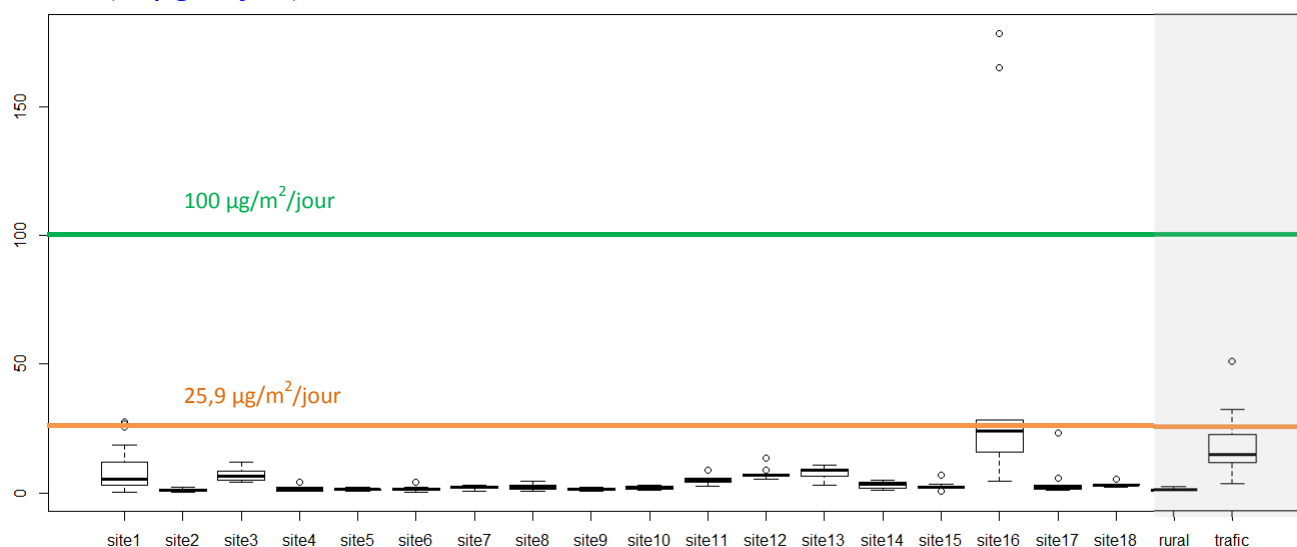


Figure 22 : Distribution des retombées de plomb entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site le plus impacté par les retombées de plomb est le site 16 (France liants) à proximité de l'ex-usine Citron. Vient ensuite le témoin trafic (hors zone d'étude) en bordure de l'autoroute A13. Une pointe supérieure à la valeur repère régionale est enregistrée sur le site 1 (AURH) au Havre.

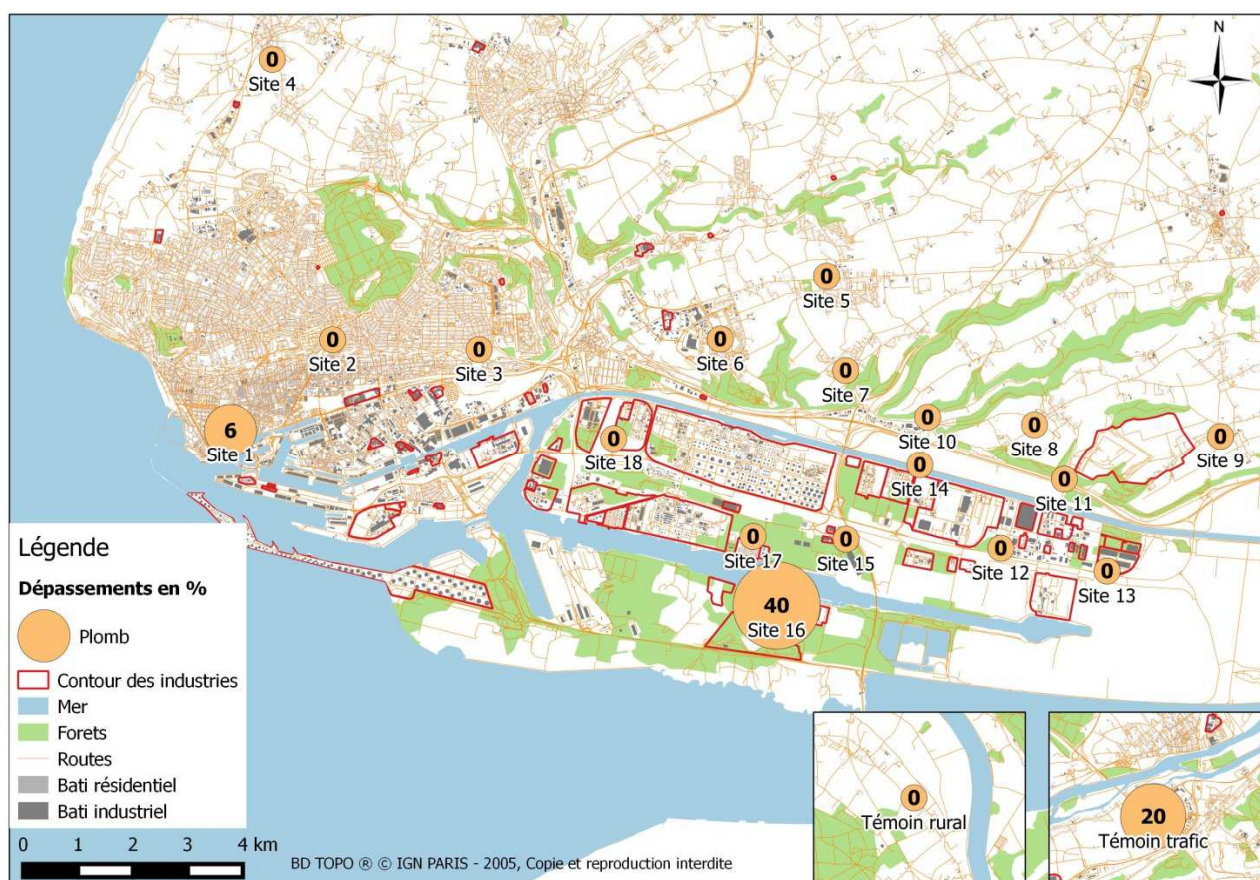


Figure 23 : Fréquence des dépassements de $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de plomb entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Vanadium**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Témoins

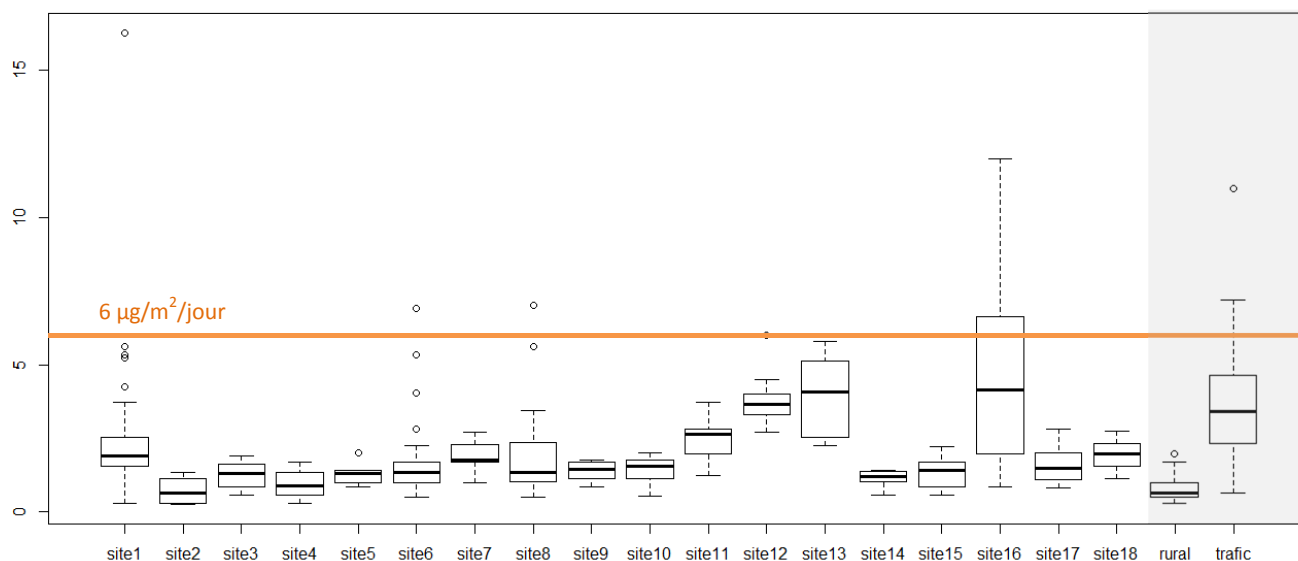


Figure 24 : Distribution des retombées de vanadium entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Les retombées de vanadium les plus élevées sont mesurées sur le site 16 (France Liants) à proximité de l'ex-usine Citron et sur le site 13 en ZI est. Les retombées de vanadium sont vues aussi en bordure du trafic (témoin trafic hors zone d'étude en bordure de l'autoroute A13). Un grand nombre de sites est concerné sur ce secteur par des pointes occasionnelles de vanadium (dans les retombées), montrant que le vanadium est assez présent sur l'estuaire.

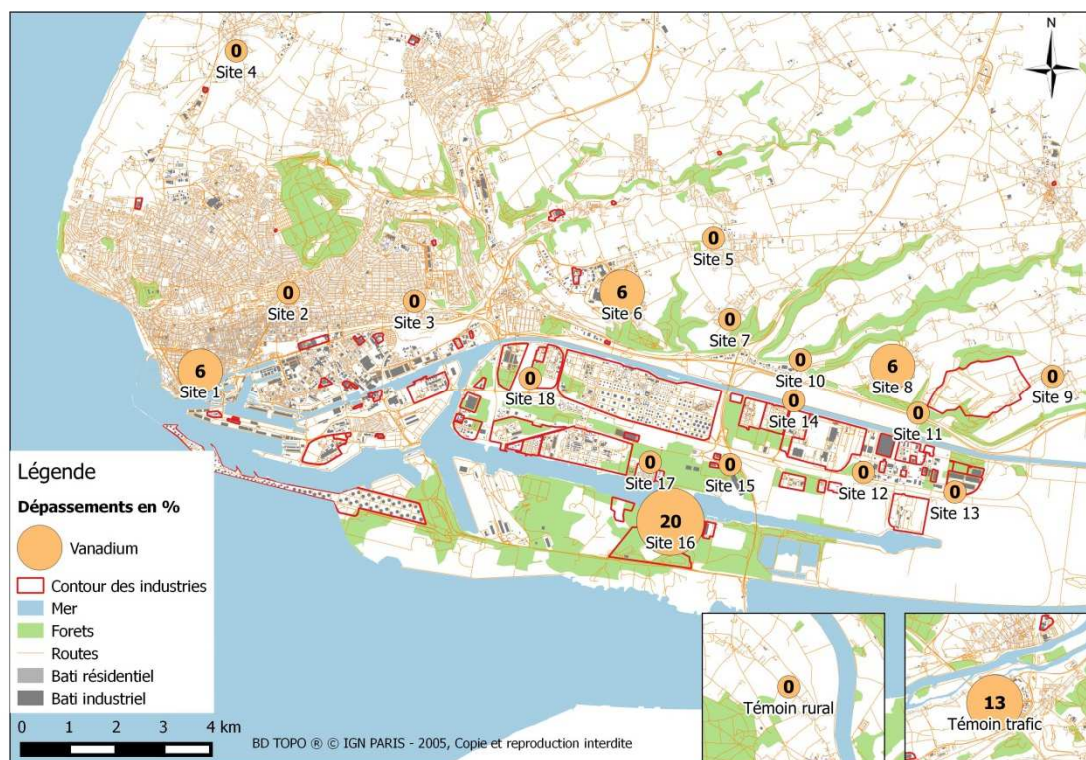


Figure 25: Fréquence des dépassements de $6 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de vanadium entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Zinc**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

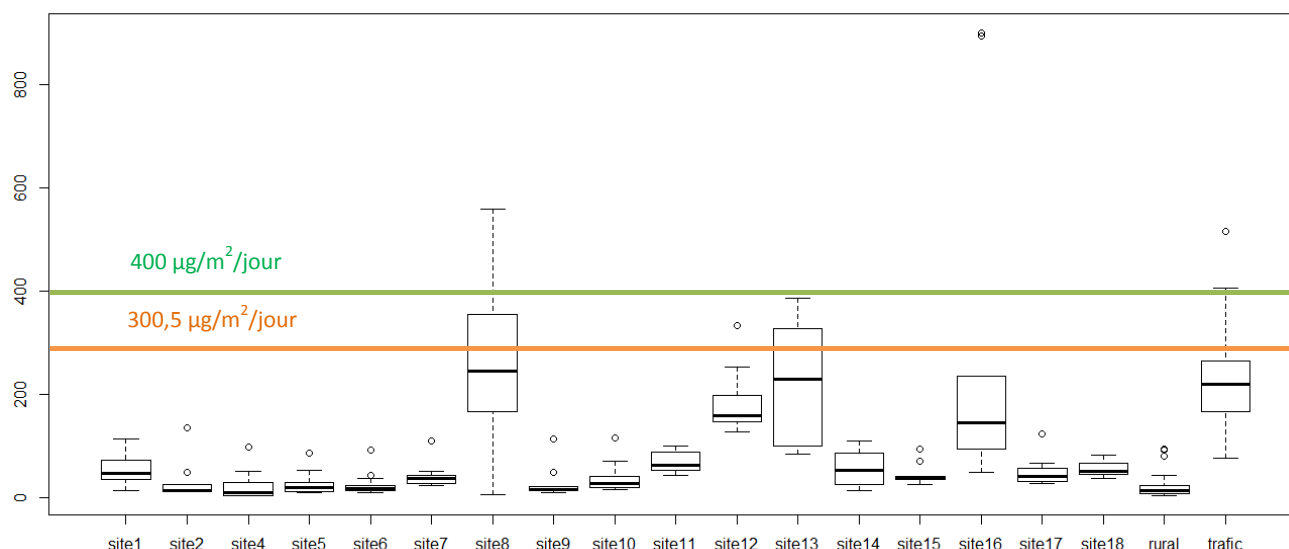


Figure 26 : Distribution des retombées de zinc entre 2013 et 2015
(détail par échantillons doublons)

Commentaire : Le site 8 (Sandouville) montre les retombées de zinc les plus élevées. Cependant, ce résultat est à prendre avec précaution. En effet, ce site étant à coté d'un château d'eau, il est possible que des projections dues à des structures métalliques zinguées influent sur ces résultats. (Les mesures sur le site 3 à proximité du pylône métallique TDF ont été écartées pour la même raison). Viennent ensuite par ordre décroissants les retombées de zinc sur les sites : 13 (XP Log), témoin trafic (hors d'étude) et site 16 (France Liants).

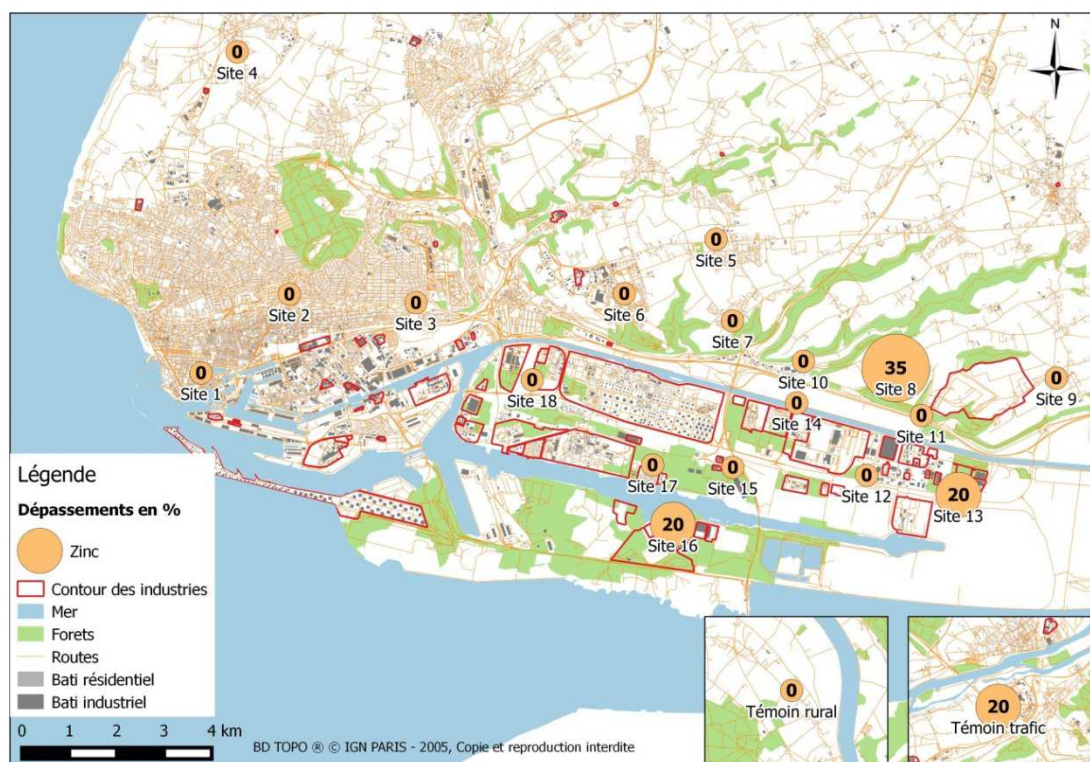


Figure 27 : Fréquence des dépassements de 300,5 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de zinc entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

- : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**
- : **valeur limite allemande ou suisse (lorsqu'elle existe)**

- **Dioxines / furanes**
(en pg/m²/jour TEQ OMS 2005)

Commentaire : Le nombre de prélèvement de dioxines / furanes n'est pas suffisant entre 2013 et 2015 pour effectuer un graphique sous forme de boxplot (comme c'est le cas pour les métaux pour lesquels les collecteurs sont doublés sur chaque site).

Les dépassements de la valeur repère régionale sont représentés sous forme cartographique. Ces dépassements sont enregistrés sur un site : le site 16 (France Liants) à à proximité de l'ex-usine Citron.

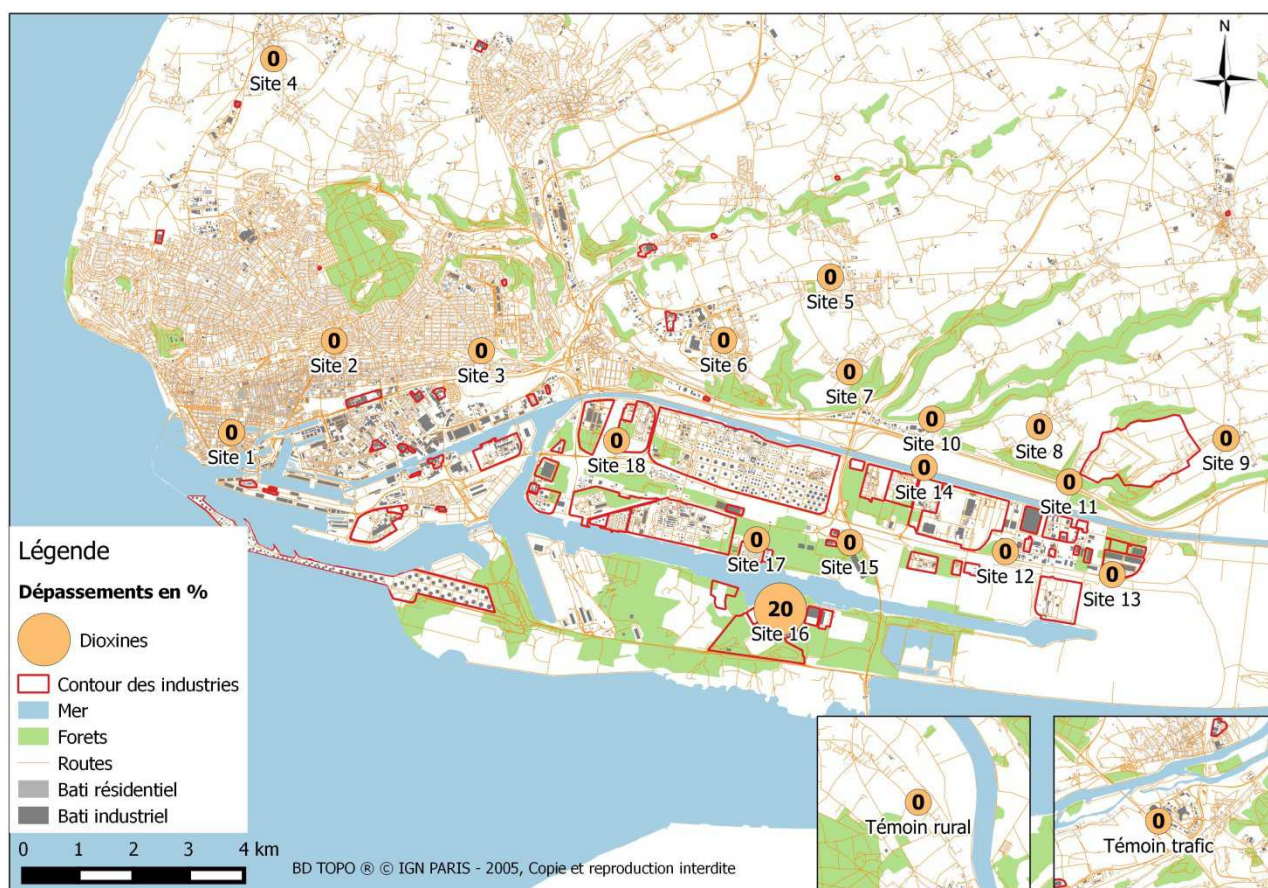


Figure 28 : Fréquence des dépassements de 4,6 pg/m²/jour de PCCD/F entre 2013 et 2015

Valeurs repères choisies :

— : **percentile 95 des données de retombées en Haute Normandie en 2009-2015**

— : **seuils repères 1 et 2 proposés par le BRGM**

Page 34 sur

4.2. Comparaison des résultats jauges/ lichens/ bryophytes en valeurs de pointes

Les résultats dans les jauges, les lichens et les bryophytes sont détaillés dans les annexes 1, 2 et 3. La comparaison entre les 3 méthodes se fait en recensant les sites de l'estuaire qui enregistrent les retombées les plus significatives, c'est-à-dire qui dépassent les valeurs repères de pointes.

Les valeurs repères choisies pour réaliser ce travail sont les percentiles 95 calculés sur la base de données des jauges, d'une part, et sur la base de données des lichens, d'autre part, pour chaque polluant et sur l'ensemble de la Haute-Normandie entre 2009 et 2015. Pour les bryophytes, le nombre de données en Haute-Normandie n'étant pas suffisant, il s'agit des seuils proposés par Biomonitor (c'est à dire les percentiles 98 calculés sur la base de données nationale de Biomonitor).

En jaune : sites communs aux 3 méthodes

Mesure	Jauges		Lichens		Bryophytes	
	Valeur repère	Sites en dépassement	Valeur repère	Sites en dépassement	Valeur repère	Sites en dépassement
Sb	3,2 µg/m ² /j	Aucun site	5 mg/kg MS	Sites : 15, 17	0,86 mg/kg MS	Site : 16
As	1,4 µg/m ² /j	Site : 18	2,8 mg/kg MS	Sites : 15, 17	3,75 mg/kg MS	Aucun site
Cd	0,4 µg/m ² /j	Sites : 3, 16	1,1 mg/kg MS	Sites : 16	0,53 mg/kg MS	Sites : 12, 16
Cr	7 µg/m ² /j	Site : 16	11,7 mg/kg MS	Sites : 16, 17	13,6 mg/kg MS	Aucun site
Co	2,8 µg/m ² /j	Site : 16	2,3 mg/kg MS	Sites : 10, 15,	5,5 mg/kg MS	Aucun site
Cu	74,5 µg/m ² /j	Aucun site	187,9 mg/kg MS	Aucun site	16,3 mg/kg MS	Site 16
Hg		Pas de mesure	0,5 mg/kg MS	Sites : 12, 14, 15, 16	0,16 mg/kg MS	Site 16
Mn	70,6 µg/m ² /j	Site : 16	153,7 mg/kg MS	Site 7, 16	1479 mg/kg MS	Aucun site
Ni	22,2 µg/m ² /j	Site : 12	49,2 mg/kg MS	Sites : 12 , 15	7,1 mg/kg MS	Sites : 9, 12 , 15, 16, 17
Pb	25,9 µg/m ² /j	Sites : 1, 16	70,6 mg/kg MS	Sites : 16	18,6 mg/kg MS	Site : 16
Se	>LQ	Aucun site		Pas de mesure		Pas de mesure
Tl	>LQ	Aucun site	>LQ	Aucun site	>LQ	Aucun site
V	6 µg/m ² /j	Sites : 6, 8, 16	16 mg/kg MS	Site : 17	17 mg/kg MS	Aucun site
Zn	300,5 µg/m ² /j	Sites : 8, 13, 16	591,2 mg/kg MS	Site : 16	83 mg/kg MS	Sites : 13, 16
PCDD/F TEQ OMS 2005	4,6 pg/m ² /j	Site : 16	13,1 ng/kg MS	Aucun site	2,0 ng/kg MS	Sites : 7, 16

Tableau 5 : Sites dépassant les seuils de pointes sur la période 2009 à 2015 dans les jauges, les lichens et les bryophytes

Commentaires sur les comparaisons jauges / lichens en valeurs de pointes:

La comparaison des valeurs de pointes obtenues avec les 3 méthodes de mesure permet de mettre en évidence les phénomènes de retombées les plus marquants sur l'estuaire à savoir :

- sur le site 16 en zone industrielle sud (Citron ou France Liants): des retombées significatives de plusieurs polluants (cadmium, plomb, mercure, plomb, zinc,.),
- sur le site 12 (APAVE/ Alizées/ Ouest usine Lafarge): des retombées de nickel plus élevées que les autres sites,

4.3. Tendances d'évolution

4.3.1. Evolution entre 2013 et 2015 pour les jauges sur 3 sites urbains

(Les courbes sont présentées, polluant par polluant, en annexe 1).

Certaines tendances, à la hausse ou à la baisse, sont significatives sur la période 2013 à 2015 (vérifiées par un test statistique de Mann-Kendall). Cette période est celle sur laquelle un échantillonnage régulier et continu a été réalisé sur 4 sites, permettant le calcul du test. Les tendances sont portées dans le tableau suivant, avec les informations suivantes :

↗ pour une hausse, ↘ pour une baisse, avec une estimation de la pente de Sen.

Sites	Méthode	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD / F
1 - AURH	jauges								↘ pente -0,16		↘ pente -0,11		
6 – COLLEGE COURBET GONFREVILLE	jauges		↘ pente -0,004								↘ pente -0,05		
8 – CHATEAU D'EAU SANDOUVILLE	jauges					↘ pente -0,01					↘ pente -0,02		
19 – MAISON DU PARC BROTONNE (témoin rural hors zone d'étude)	jauges								↘ pente -0,03				

Tableau 6 : Tendances entre 2013 et 2015, vérifiées par un test de Mann-Kendall
(à raison de 6 ou 7 échantillonnages par année)

Commentaire :

Aucune tendance à la hausse n'est à signaler.

Parmi les tendances mises en évidence, on notera une diminution légère détectée pour le vanadium sur les 3 sites (du Havre, de Gonfreville et de Sandouville), probablement en lien avec la baisse des émissions de la pétrochimie.

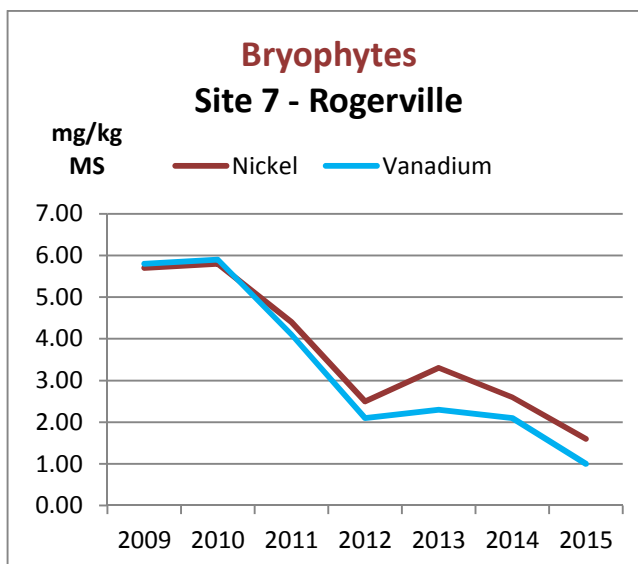
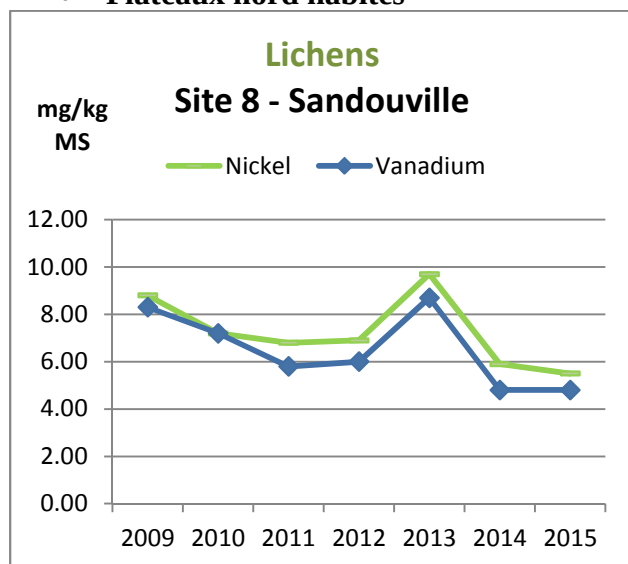
Une baisse légère est vue aussi pour le nickel sur le site au centre ville du Havre (AURH).

4.3.2. Evolution entre 2009 et 2015 pour les bioindicateurs sur quelques sites

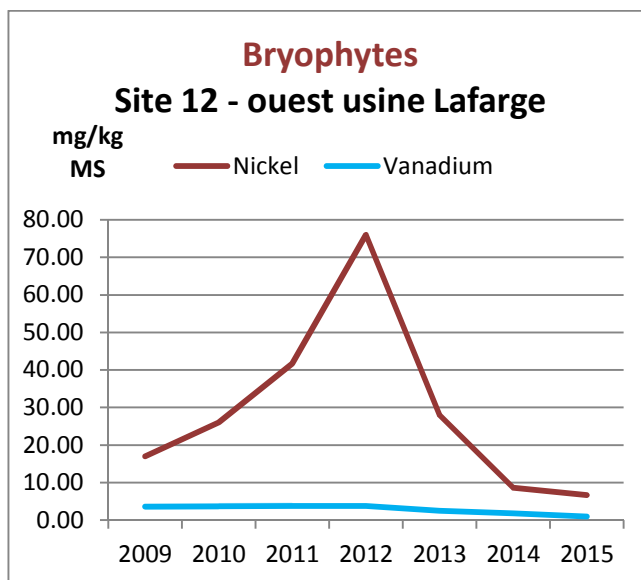
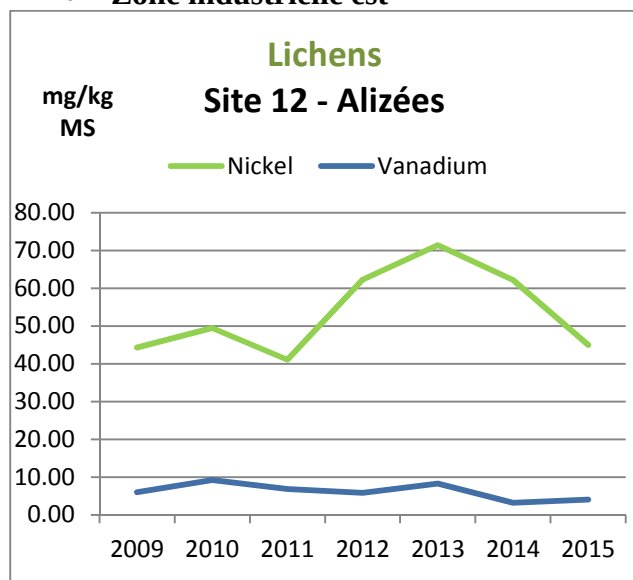
Les lichens et les bryophytes étant surveillés depuis plus longtemps que les jauges sur certains points, certaines tendances apparaissent, comme la baisse du nickel et du vanadium sur les plateaux nord habités. Cependant, une période de forte augmentation du nickel est enregistrée en 2012-2013, particulièrement visible en zone industrielle ouest, suivie d'une amélioration notable jusqu'en 2015.

Evolution du nickel et du vanadium sur quelques points :

- Plateaux nord habités



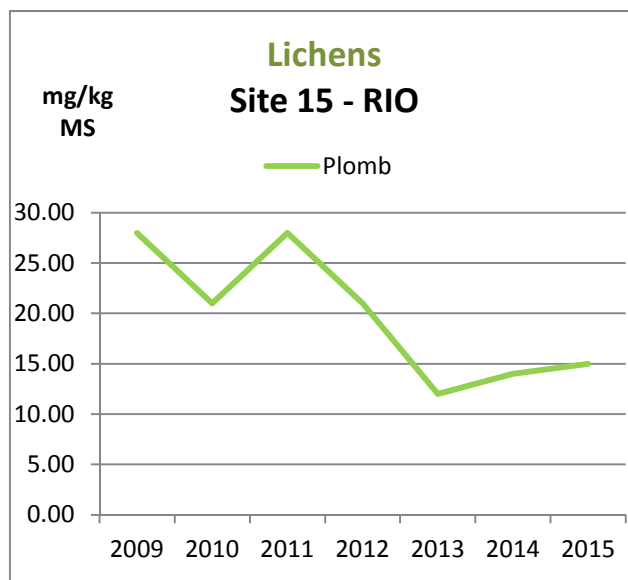
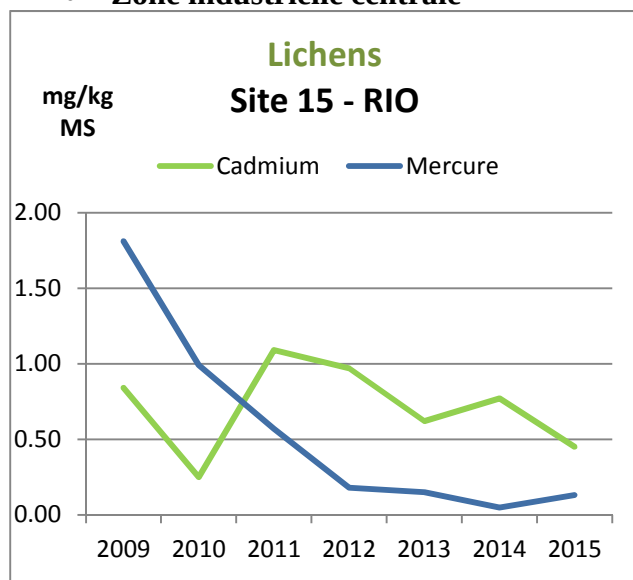
- Zone industrielle est



Evolution du cadmium et du mercure dans les lichens en ZI centre

En zone industrielle centrale, les retombées de mercure diminuent régulièrement entre 2009 et 2015. Le cadmium, quant à lui, décroît à partir de 2011 jusqu'en 2015, tout en restant significatif (supérieur au seuil de significativité d'Aair Lichens et à la médiane des données régionales). Le plomb enregistre une décroissance nette entre 2009 et 2015.

- **Zone industrielle centrale**



4.4. Comparaison avec les autres secteurs de la Haute-Normandie

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous, zone par zone⁷ :

- en médiane,
- et en nombre de dépassement d'un seuil de référence pour visualiser les niveaux de pointes. (Le seuil de référence choisi ici est le percentile 95 de l'ensemble des données de retombées en Haute-Normandie sur la période 2009 à 2015).

4.4.1. Pour les jauges sur la période 2009-2015 :

Jauges 2009-2015	Comparaison en médiane zone					Comparaison en nombre de valeurs > seuil de pointe					seuil de pointe	Nombre d'échantillons				
	Guichainville	Parc de Brotonne -Témoin rural	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours	Guichainville	Parc de Brotonne -Témoin rural	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours		Guichainville	Témoin rural - Parc de brotonne	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours
Métaux	en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$					en nombre > seuil de pointe										
Sb	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0	0	13	4	0	3.2	20	17	132	175	124
As	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	0	2	10	13	1	1.4	20	17	132	180	124
Cd	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	9	1	8	0.4	20	17	132	168	124
Cr	0.3	0.4	2.2	0.7	0.9	0	0	16	3	1	7.0	20	17	132	156	124
Co	0.2	0.1	0.6	0.2	0.2	0	0	8	14	2	2.8	20	17	132	180	124
Cu	2.5	2.9	26.6	4.2	5.9	0	0	17	1	0	74.5	20	17	132	180	124
Mn	8.7	9.9	29.6	12.7	13.0	0	0	16	3	2	70.6	20	17	132	180	124
Ni	0.4	0.6	2.6	2.0	3.8	0	0	2	21	2	22.2	20	17	132	180	124
Pb	1.0	1.3	9.3	2.3	2.5	0	0	18	1	3	25.9	20	17	132	180	124
Se	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0	0	0	0	0	< LQ	20	17	132	180	124
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0	0	0	0	0	< LQ	20	17	132	180	124
V	0.4	0.6	2.1	1.5	1.5	0	0	14	5	4	6.0	20	17	132	180	124
Zn	11.5	16.5	64.6	26.1	50.5	0	0	5	8	8	300.5	20	17	132	179	119
Dioxines	en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$ TEQ OMS 2005					en nombre > seuil de pointe										
PCDD/F	0.8	0.8	2.0	-	1.0	0	0	14	-	1	4.6	20	17	132	-	124

Tableaux 7 : Comparaison des retombées de métaux et de dioxines / furanes dans les jauges sur plusieurs secteurs de Haute-Normandie sur la période 2019-2015

(*)seuil de pointe (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour les métaux et en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$ TEQ OMS 2005 pour les dioxines) = "percentile 95 Haute-Normandie 2009-2015" : seules 5% de valeurs dépassent ce seuil

⁷ secteurs pris en compte pour les comparaisons (inégalement investigués en nombre de prélèvements) :

- Zone industrielle de Rouen, des Petit et Grand Quevilly et ses alentours,
- Zone industrielle du Havre et ses alentours,
- Zone industrielle de Port Jérôme et ses alentours (pour les métaux),
- Secteur de Guichainville pour les jauges (4 sites ruraux autour de l'UIOM ECOVAL),
- Le témoin rural (Maison du Parc de Brotonne) pour les jauges.

Commentaire :

La comparaison avec les autres zones industrielles (et leurs alentours) en Haute-Normandie indique **des teneurs un peu plus faibles en médiane au Havre** (ou à Port Jérôme) qu'à Rouen pour plusieurs polluants. Les écarts les plus flagrants **concernent : l'antimoine, le chrome, cuivre, le manganèse, le plomb, le zinc et les dioxines / furanes.**

L'exception la plus marquante est le **nickel, qui est plus présent au Havre** (en médiane) que sur les autres secteurs de Haute-Normandie.

En valeurs de pointes (et à l'exception du sélénium et du thallium) :

- pour la ZI du Havre, des pointes sont enregistrées pour le cadmium et le zinc ; L'antimoine et le cuivre ne ressortent pas en valeurs de pointe; Les autres métaux et les dioxines / furanes ressortent de façon modérée.
- pour la zone de Rouen, tous les métaux ressortent et tout particulièrement les suivants : Sb, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, V et les dioxines / furanes,
- pour la zone de Port Jérôme, tous les métaux ressortent et tout particulièrement les suivants : As, Co, Ni, Zn (mais sur un seul site de mesure surtout : le quai de Radicatel),

En ce qui concerne le sélénium et le thallium, les résultats sont systématiquement en dessous de la limite de quantification, et cela sur toutes les zones de mesure.

4.4.2. Pour les lichens sur la période 2009-2015 :

Lichens 2009-2015	Comparaison en médiane zone			Comparaison en nombre de valeurs > seuil de pointe				Nombre d'échantillons		
	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours	seuil de pointe (*)	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours
Métaux	en mg /kg MS			en nombre > seuil de pointe						
Sb	2.1	0.4	0.9	6	0	2	5.0	67	24	84
As	1.2	0.7	1.1	7	0	3	2.8	67	24	84
Cd	0.4	0.2	0.4	4	0	5	1.1	67	24	84
Cr	5.5	2.9	5.1	3	0	3	11.7	67	24	84
Co	0.9	0.5	1.2	3	0	7	2.3	67	24	84
Cu	40.1	8.6	14.6	11	0	0	187.9	67	24	84
Hg	0.1	0.1	0.1	1	0	9	0.5	67	24	84
Mn	90.0	41.5	54.0	7	1	3	153.7	67	24	84
Ni	5.3	4.9	14.4	3	0	8	49.2	67	24	84
Pb	21.0	7.0	11.5	9	0	2	70.6	67	24	84
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	1	0	0	< LQ	67	24	84
V	5.0	5.1	6.5	1	0	1	16.0	67	24	84
Zn	138.0	61.3	117.0	4	0	1	591.2	67	24	84
Dioxines	ng/Kg TEQ OMS 2005			en nombre > seuil de pointe						
PCDD/F	5.7	-	2.6	8	-	0	13.1	67	-	84

Tableau 8 : Comparaison des retombées de métaux et de dioxines / furanes dans les lichens sur plusieurs secteurs de Haute-Normandie sur la période 2009-2015

(*)seuil de pointe (en mg/kg pour les métaux et en ng/kg TEQ OMS 2005 pour les dioxines) = "percentile 95 Haute-Normandie 2009-2015" : seules 5% de valeurs dépassent ce seuil

Commentaire :

La comparaison avec les autres zones industrielles (et leurs alentours) en Haute-Normandie indique **des teneurs un peu plus fortes en médiane à Rouen** qu'au Havre ou à Port Jérôme, pour plusieurs polluants. Les écarts les plus flagrants **concernent : l'antimoine, le chrome, le cuivre, le manganèse, le plomb, le zinc et les dioxines / furanes, soit les mêmes que dans les jauges.**

Les exceptions les plus marquantes sont : le nickel et le vanadium, plus présents au Havre (en médiane).

En valeurs de points :

- pour la ZI du Havre, tous les métaux sont concernés modérément (à l'exception du cuivre et du thallium), mais les métaux suivants ressortent le plus : le cadmium, le cobalt, le mercure et le nickel,
- pour la zone de Rouen, tous les métaux ressortent et tout particulièrement les suivants : Sb, As, Cu, Mn, Pb, Zn et les dioxines / furanes,
- pour la zone de Port Jérôme, peu de points sont enregistrées dans les lichens.

En ce qui concerne le thallium, les résultats sont systématiquement en dessous de la limite de quantification sur toutes les zones de mesure (sauf une valeur légèrement au-dessus de la LQ à Rouen).

Pour les bryophytes, Air Normand ne dispose pas de données sur toutes les zones de la région, ce qui ne permet pas les comparaisons.

4.4.3. Pour les jauges sur l'année la plus récente : 2015 :

Jauges 2015	Comparaison en médiane zone					Comparaison en nombre de valeurs > seuil de pointe						Nombre d'échantillons				
	Guichainville	Parc de Brotonne -Témoïn rural	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours	Guichainville	Parc de Brotonne -Témoïn rural	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours	seuil de pointe	Guichainville	Témoïn rural - Parc de brotonne	ZI Rouen et alentours	ZI Port Jérôme et alentours	ZI Le Havre et alentours
Métaux	en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$					en nombre > seuil de pointe										
Sb	0.2	0.2	0.6	0.2	0.2	0	0	1	2	0	3.2	4	7	20	49	51
As	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0	0	0	3	1	1.4	4	7	20	49	51
Cd	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	1	0	4	0.4	4	7	20	49	51
Cr	0.2	0.3	1.2	0.6	0.7	0	0	0	2	1	7.0	4	7	20	49	51
Co	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	3	1	2.8	4	7	20	49	51
Cu	2.2	2.9	16.7	3.8	6.0	0	0	2	0	0	74.5	4	7	20	49	51
Mn	6.3	10.2	20.6	11.1	11.6	0	0	1	1	1	70.6	4	7	20	49	51
Ni	0.2	0.4	1.7	1.1	3.5	0	0	0	6	1	22.2	4	7	20	49	51
Pb	0.5	1.3	7.2	1.6	2.1	0	0	2	1	2	25.9	4	7	20	49	51
Se	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0	0	0	0	0	< LQ	4	7	20	49	51
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0	0	0	0	0	< LQ	4	7	20	49	51
V	0.3	0.6	1.4	0.8	1.4	0	0	0	0	1	6.0	4	7	20	49	51
Zn	13.6	17.1	67.6	30.8	71.4	0	0	0	2	3	300.5	4	7	20	49	49
Dioxines	en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$ TEQ OMS 2005					en nombre > seuil de pointe										
PCDD/F	0.6	0.8	1.7	-	1.2	0	0	1	-	1	4.6	4	7	20	-	51

Tableau 9 : Comparaison des retombées de métaux et de dioxines / furanes dans les jauges sur plusieurs secteurs de Haute-Normandie en 2015

(*)seuil de pointe (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour les métaux et en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$ TEQ OMS 2005 pour les dioxines) = "percentile 95 Haute-Normandie 2009-2015" : seules 5% de valeurs dépassent ce seuil

Commentaire :

La comparaison des différentes zones industrielles (et leurs alentours) en Haute-Normandie sur la dernière année (2015) confirme les résultats de la période 2009-2015, à savoir des résultats un peu plus élevés en médiane sur la zone du Havre pour le nickel et le zinc. Au contraire, ils sont plus élevés sur la zone rouennaise pour les métaux suivants : Sb, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn (avec le Havre) et pour les dioxines / furanes. Quelques valeurs de pointes sont mesurées sur la ZI du Havre, notamment pour le cadmium, le zinc et le plomb.

5. Deuxième partie : Analyse critique de la surveillance environnementale des incinérateurs

5.1. Prise en compte des émissions de métaux et dioxines sur le secteur

5.1.1. Influence mineure du trafic routier

Les résultats sur la zone industrielle du Havre et ses alentours ne mettent pas en évidence un fort impact du trafic routier et poids lourds (comme cela peut être le cas sur la zone industrielle de Rouen). En effet, les deux traceurs du trafic, que sont l'antimoine (voir figure 6) et le cuivre (voir figure 16), ne se retrouvent pas dans des proportions notables sur les sites de mesure de l'estuaire.

5.1.2. Identification d'un émetteur de plusieurs polluants en zone industrielle sud

Les résultats des retombées, obtenus depuis 2013 sur le site 16 - France Liants (repéré en rouge sur les graphiques) mettent en évidence de façon récurrente des teneurs en cadmium, manganèse, cobalt, chrome, plomb, vanadium et dioxines / furanes élevées au regard des autres sites et des valeurs repères. Il s'agit du site se trouvant à proximité de l'ex-usine Citron.

La société CITRON a exploité depuis 1998, en zone industrielle sur la commune de Rogerville, un centre de traitement de déchets dangereux. A partir de 2008, les conditions d'exploitation du site se sont rapidement et fortement dégradées, les non conformités réglementaires se sont multipliées, et ont donné lieu à des mises en demeure ou sanctions administratives. La société CITRON a été placée en redressement judiciaire le 24/09/10. Suite à un incendie le 17 octobre 2010, un arrêté de prescriptions d'urgence a interdit toute reprise de traitement des déchets d'une part, et l'arrivée de nouveaux déchets d'autre part tant que les défenses incendies du site n'étaient pas rendues pleinement opérationnelles. L'activité du site n'a jamais repris à partir de cette date. Constatant l'impossibilité du redressement de la situation financière de la société, le tribunal de commerce du Havre a prononcé sa mise en liquidation judiciaire le 10/12/10.

Cependant, une activité de reconditionnement et d'évacuation des déchets continue à générer des retombées de plusieurs polluants, moindres qu'en 2010 mais toujours significatives.

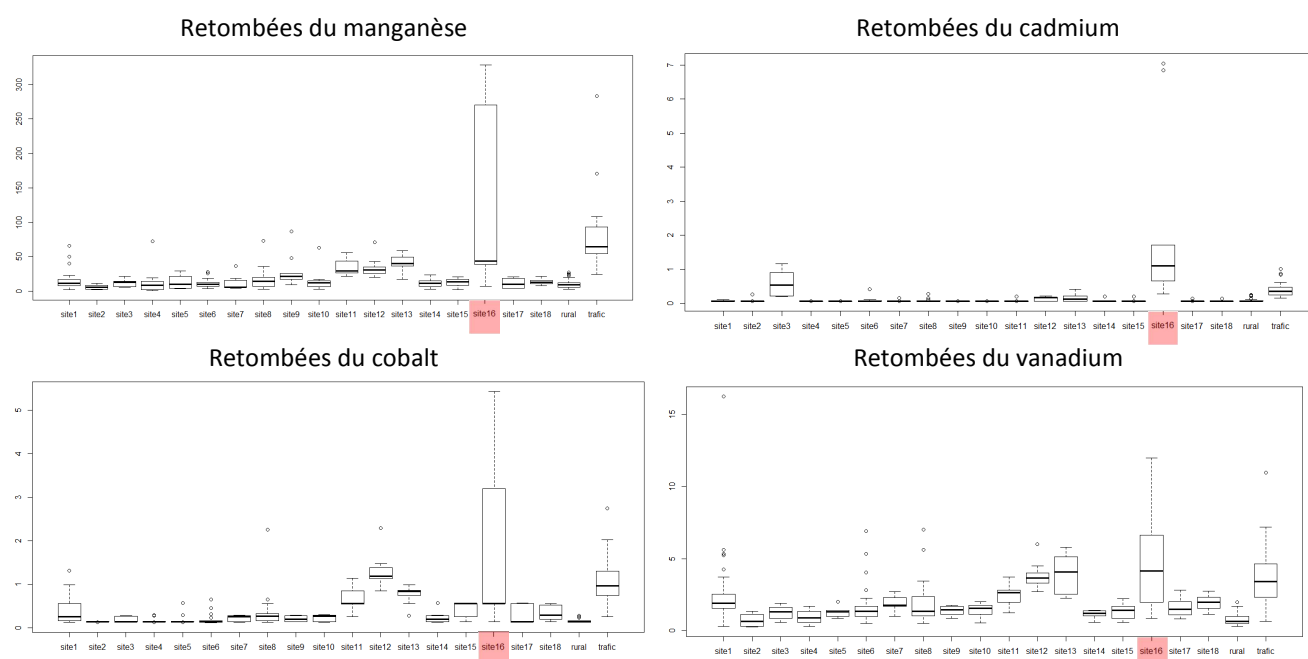


Figure 29 : Résultats dans les jauges sur la période 2013 à 2015 pour 4 polluants mettant en évidence un impact plus élevé sur un site de mesure (site 16) en ZI sud

5.1.3. Identification d'un émetteur de nickel sur la zone industrielle

Les résultats des retombées de nickel, obtenus depuis 2013, sont plus élevés en médiane sur le site 12 (APAVE) et dans une moindre mesure sur le site 15 (SDV), indiquant un émetteur de nickel entre ces deux sites, qui pourrait être l'usine ERAMET de Sandouville.

La branche Nickel d'ERAMET est un producteur intégré qui extrait du minerai de nickel de ses mines de Nouvelle-Calédonie et le transforme localement en ferronickel (FeNi) et matte de nickel dans son usine de Doniambo. La matte de nickel est ensuite transformée en nickel métal et sels de très haute pureté dans l'usine de Sandouville en zone industrielle du Havre. (source : www.eramet.com).

D'autres émetteurs de nickel sont cependant aussi présents sur la ZI du Havre, notamment la raffinerie.

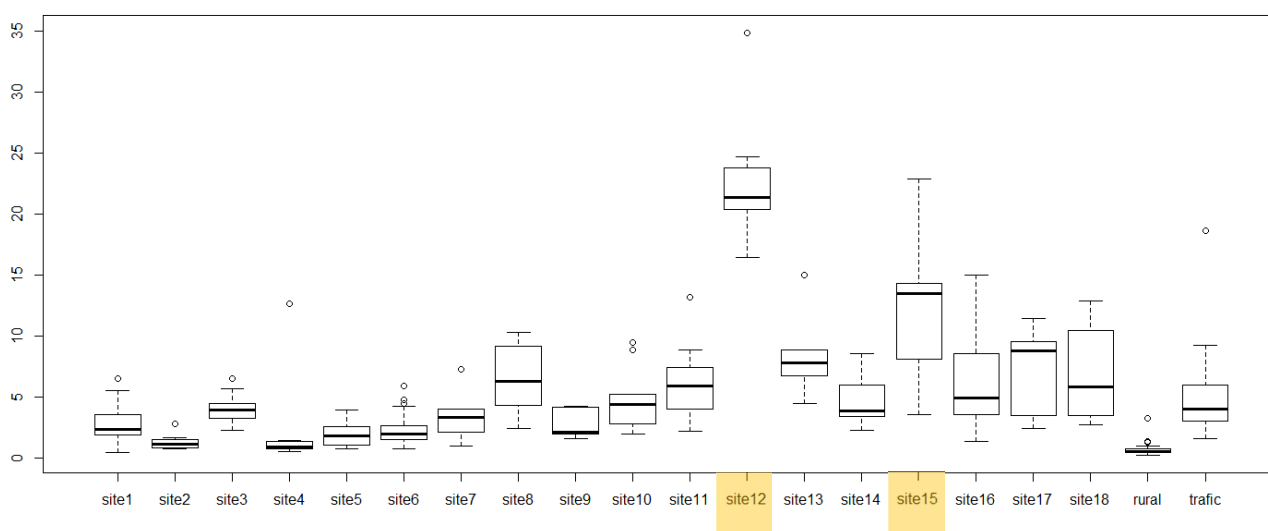


Figure 30 : Résultats dans les jauges du nickel indiquant un impact plus important sur les sites 12 et 15

5.1.4. Autres émissions moins clairement identifiées sur la ZI du Havre

De façon moins marquante, d'autres phénomènes de retombées sont à noter :

- Les teneurs d'arsenic sont un peu plus élevées sur le site 18 (Chevron/ Restaurant Cormoran), témoignant peut-être de la proximité d'un émetteur tel que YARA.

L'industriel YARA est un producteur d'engrais azotés simples à base d'ammoniac et de nitrates, d'engrais complexes, ainsi que d'engrais de spécialités. L'usine de Harfleur en zone industrielle du Havre se compose de deux unités de production : une unité d'ammoniac et une unité d'urée.

- La teneur du cadmium est un peu plus élevée (durant l'été 2014) sur le site 3 (Caucriauville) qui surplombe la ZI du Havre.
- Le site 13 (XP Log) enregistre des retombées de chrome, de vanadium et de zinc, indiquant ainsi un ou plusieurs émetteurs sur le secteur. Cependant, une activité de levage des containers sur ce site à l'aide d'engins portuaires (cavalliers,.) peut peut-être expliquer en partie ce surcroît de métaux.

5.2. Usage des milieux

La carte suivante réalisée sur la zone d'étude permet de visualiser :

- Les zones industrielles et portuaires (bâti industriel),
- Les installations d'incinération,
- Les émetteurs de métaux et dioxines / furanes connus,
- Les voies de circulation,
- Les zones habitées (bâti urbain),
- Les zones cultivées (jardins ouvriers / familiaux),
- Les établissements recevant du public : écoles, crèches, hôpitaux, résidences de personnes âgées, établissements sportifs, etc.

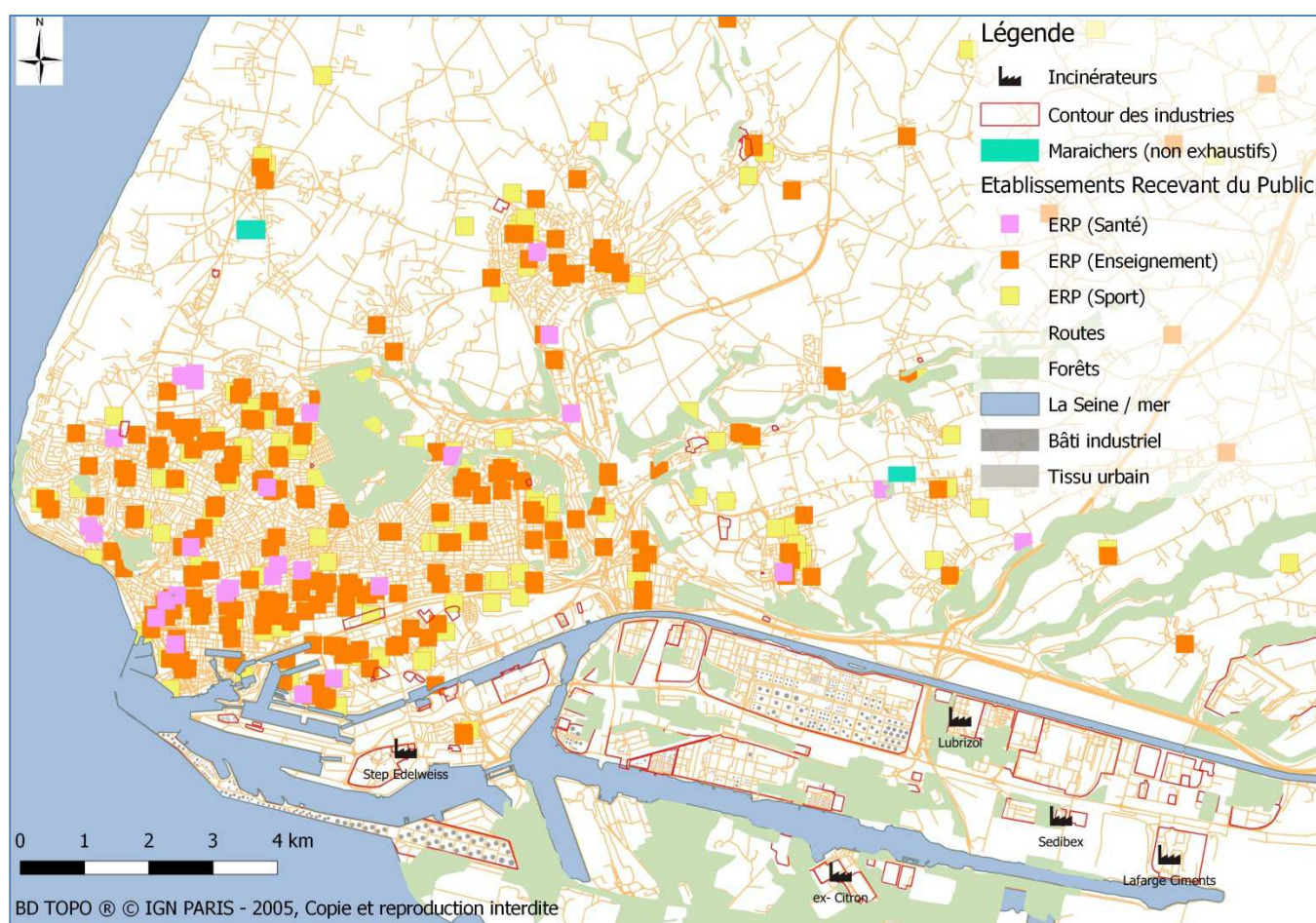


Figure 31 : Usage des milieux

Par ailleurs, une description précise de chaque site est présentée dans un tableau récapitulatif s'il est :

- urbain, périurbain, rural, industriel,
- sous les vents d'un incinérateur,
- sous les vents d'un émetteur exogène,
- à proximité d'une voie de circulation,
- un site cultivé,
- un témoin rural, un témoin urbain, ou un témoin du trafic routier,
- un site d'intérêt par rapport à l'exposition des personnes sensibles.

Sites		Typologie	Commune	Impact maximal présumé incinérateur	Proximité émetteur exogène présumé	Proximité trafic	milieu d'exposition d'intérêt	témoin
AURH	1	Urbain	Le Havre (ville basse)				Zone densément peuplée	témoin urbain
SAINTE MARIE	2	Urbain	Le Havre (ville haute)				Zone densément peuplée	
CAUCRIAUVILLE	3	Urbain	Le Havre				-zone densément peuplée -surplombe la ZI	témoin urbain
FERME GUILLET	4	rural	Octeville				Maraicher	
GAEC MALO	5	rural	Gainneville				Maraicher	
COLLEGE COURBET	6	urbain	Gonfreville				Zone densément peuplée	témoin urbain
ECOLE ROGERVILLE	7	rural habité	Rogerville				Ecole	
SANDOUVILLE	8	rural habité	Sandouville					
SAINT VIGOR	9	rural habité	Saint Vigor d'Ymonville				stade	
VALLEE D'OULDALLE	10	rural habité	Oudalle				étangs de pêche – cressonnières	
GABION D'OR	11	proximité industrielle	Sandouville			Autoroute A131		
APAVE	12	industriel	Sandouville	Sedibex	- Eramet - ZI est			
XPLOG	13	industriel	Saint Vigor d'Ymonville	Lafarge Ciments				
BAC D'OULDALLE	14	proximité industrielle	Oudalle	Lubrizol				
SDV	15	industriel	Oudalle		Eramet			
FRANCE LIANTS	16	industriel	Rogerville		ex-Citron			
OSILUB	17	industriel	Gonfreville		ZI centre			
CHEVRON	18	industriel	Gonfreville		ZI ouest			
MAISON DU PARC		rural	ND de Bliquetuit					témoin rural
A13		trafic	Tourville la Rivière			Autoroute A13		témoin trafic

Tableau 10 : Description des sites de mesure actuels par rapport aux zones d'intérêt

6. Discussion et propositions

Les propositions d'évolution pour la surveillance des retombées sur la ZI du Havre et ses alentours consistent à vérifier et au besoin redéfinir l'emplacement de chaque point de mesure par rapport à son objectif de surveillance, et cela au regard des principaux résultats marquants mis en évidence sur cette zone. Elles peuvent déboucher dans certains cas à une proposition de suppression du point de mesure.

6.1. Impact des incinérateurs

L'impact maximal des dépôts est attendu **sous les vents dominants de sud-ouest et à une distance inférieure au kilomètre d'un incinérateur** (selon le retour d'expérience d'autres sites sur lesquels des modélisations ont été réalisées tels que VESTA en ZI de Rouen). Les jauges de dépôts pourront donc être placées de la manière suivante :

- Pour SEDIBEX : sur le site 12 (APAVE). Ce site 12 est influencé aussi par l'émetteur de nickel ERAMET. Cependant, l'impact de l'incinérateur de SEDIBEX, s'il est discernable, pourra être distingué car il concernerait d'autres polluants que le nickel (dioxines, autres métaux),
- Pour LUBRIZOL : sur le site 10 (Etangs de la Vallée). Ce site comportant des étangs de pêche ainsi qu'une culture de cresson présente un intérêt supplémentaire du point de vue de l'exposition aux retombées,
- Pour LAFARGE CEMENTS : l'activité de l'incinérateur s'arrêtant, les mesures sur les sites 11 et 9 ne seront pas maintenues,
- Pour la STEP EDELWEISS : il pourra être intéressant d'ajouter un point sur le quartier des Neiges au Havre, sachant qu'un suivi environnemental y est déjà réalisé dans les lichens par la CODAH.

6.2. Influence du trafic routier

L'influence des émissions du trafic routier et poids lourds sur les retombées de plusieurs métaux (antimoine, chrome, cuivre, plomb, zinc, arsenic, manganèse,..) est particulièrement visible sur le témoin trafic en bordure de l'Autoroute A13 (installé dans le cadre d'une autre étude). Ce site est donc important à pérenniser pour connaître la part des retombées dues au trafic routier ou poids lourds. Cependant, dans l'étude du Havre, ce point témoin trafic a permis de montrer que l'influence du trafic n'est prédominante sur aucun des sites de mesure.

6.3. Emetteurs industriels de nickel sur la ZI du Havre

L'impact d'un émetteur, situé sur la ZI est, ressort fortement pour le nickel sur le point 12 et dans une moindre mesure le point 15. Il s'agit probablement de l'usine ERAMET. Le point 12 (APAVE) doit donc être pérennisé. Cependant d'autres émetteurs de nickel existent tels que les raffineries sur la ZI ouest qui ajoutent leurs émissions à celles d'ERAMET. Le point central 15 (SDV) doit donc être pérennisé. Par ailleurs, les points 6, 7, 10 et 8 permettront de continuer à vérifier l'absence d'un impact de ces émissions sur les sites ruraux habités des plateaux nord, ainsi que les points 1 et 2 sur la zone fortement urbanisée de la ville du Havre

6.4. Autre émetteur de métaux et dioxines / furanes sur la ZI du Havre sud

L'arrêt de l'usine Citron fin 2010 a eu pour conséquence la baisse des retombées de métaux (cadmium, plomb, mercure, .) et de dioxines / furanes autour du site. Cependant, l'activité de conditionnement et d'évacuation des déchets continue à générer des émissions de ces métaux et de dioxines / furanes. En dehors du nickel, le point 16 (France Liants) enregistre les retombées les plus élevées de l'estuaire pour plusieurs polluants. Ce point doit donc être pérenniser et constituer le point de référence de la ZI sud.

6.5. Différence de résultats entre jauges, lichens et bryophytes

Au niveau des méthodes de mesure des retombées, trois types ont été utilisés en parallèle sur ce secteur : les jauges de dépôts, les lichens et les bryophytes (bioindicateurs). Les résultats les plus marquants obtenus au moyen de ces trois méthodes concordent dans leurs conclusions. Par contre pour certains résultats, des différences de conclusions ont été observées. Ces différences entre les méthodes montrent qu'elles ne renseignent pas exactement sur la même chose. Ce constat nous incite d'une part à faire coïncider rigoureusement les emplacements des prélèvements avec les différentes méthodes (malgré les contraintes de terrain) et d'autre part à maintenir une surveillance avec au moins deux de ces méthodes. Le choix se portera de préférence sur les jauges, pour lesquelles une base de donnée est enrichie en permanence sur l'ensemble de la région, et les lichens, qui sont utilisés historiquement par les entreprises LUBRIZOL, SEDIBEX, et la STEP EDELWEISS qui pratiquent aujourd'hui une activité d'incinération sur ce secteur. Par contre, il semble possible d'alterner les méthodes (une année sur deux) maintenant qu'un historique suffisant est disponible pour pouvoir s'y référer.

6.6. Polluants d'intérêt sur le secteur

- Les polluants qui ressortent particulièrement sur ce secteur (par rapport aux autres secteurs de Haute-Normandie) sont : le nickel, le vanadium.
- Le sélénium (jauges), le thallium (jauges et bioindicateurs) sont toujours en dessous des limites de quantification. La question se pose de continuer à les mesurer à chaque campagne.
- Le mercure n'est pas mesuré dans les jauges car toujours en dessous des limites de quantification. Par contre, la mesure du mercure dans les bioindicateurs (les lichens notamment qui sont en équilibre avec l'air ambiant) permet d'obtenir des résultats quantifiés et pourra donc être maintenue. La question se pose de compléter ces résultats par des mesures de mercure gazeux dans l'air ambiant comme cela est préconisé dans le rapport de l'INERIS, la voie d'exposition au mercure étant principalement l'inhalation contrairement aux autres métaux.

6.7. Intérêt des mesures dans l'air ambiant

Selon le guide méthodologique de l'INERIS, les mesures dans l'air ambiant de métaux particuliers et de mercure gazeux présentent de l'intérêt lorsqu'une population résidente est susceptible d'être exposée à ces polluants par inhalation. Il pourrait donc être proposé d'ajouter une surveillance tournante des métaux particuliers dans l'air ambiant et du mercure gazeux sur des sites urbains dense du secteur, par exemple au moyen de campagnes de mesures.

Le tableau ci-dessous récapitule l'adéquation des points de mesure par rapport aux critères de surveillance du guide méthodologique de l'INERIS et propose leur suppression si nécessaire.

Sites		Milieu d'exposition d'intérêt				Impact incinérateur			Impact ZI					Témoin			Propositions d'évolution
		Urbain dense	Rural habité	ERP	Cultures	SEDIBEX	LUBRIZOL	EDELWEISS (si confirmé)	ERAMET	ex-CITRON émetteurs ZI sud	Emetteurs ZI ouest	Emetteurs ZI centre	Emetteurs ZI est	trafic	urbain	rural	Dans tous les cas : faire coïncider les points de mesures jauges et bioindicateurs
AURH	1	X													X		site à péréniser (au centre ville)
SAINTE MARIE	2	X													X		site à péréniser en ville haute (déplacer légèrement)
CAUCRIAUVILLE	3																site à supprimer (pb dû au pylône)
FERME GUILLET	4																site à supprimer (faibles retombées)
GAEC MALO	5																site à supprimer (faibles retombées)
COLLEGE COURBET	6	X		X													site à péréniser (dans le collège)
ECOLE ROGERVILLE	7		X														site à péréniser
SANDOUVILLE	8		X														site à péréniser (dans le village ⁸)
SAINT VIGOR	9																site à supprimer (faibles retombées)
VALLEE D'LOUDALLE	10		X		X		X										site à péréniser
GABION D'OR	11																site à supprimer
APAVE	12					X			X				X				à conserver en ZI est
XPLOG	13																site à supprimer (arrêt de l'incinérateur Lafarge ciments)
BAC D'LOUDALLE	14																site à supprimer
SDV	15											X					site central ZI à péréniser
FRANCE LIANTS	16									X							site à péréniser
OSILUB	17																site à supprimer
CHEVRON/ CORMORAN	18										X						site à péréniser en ZI ouest (restaurant Cormoran)
LES NEIGES								X									site à créer
A13														X			site pèrene (hors étude)
MAISON DU PARC																X	site pèrene

Tableau 11 : Adéquation des sites de mesure des retombées avec les objectifs de surveillance environnementale des incinérateurs

⁸ Afin d'éviter une éventuelle pollution par le zinc en proximité du château.

X : Finalité du point de mesure à terme

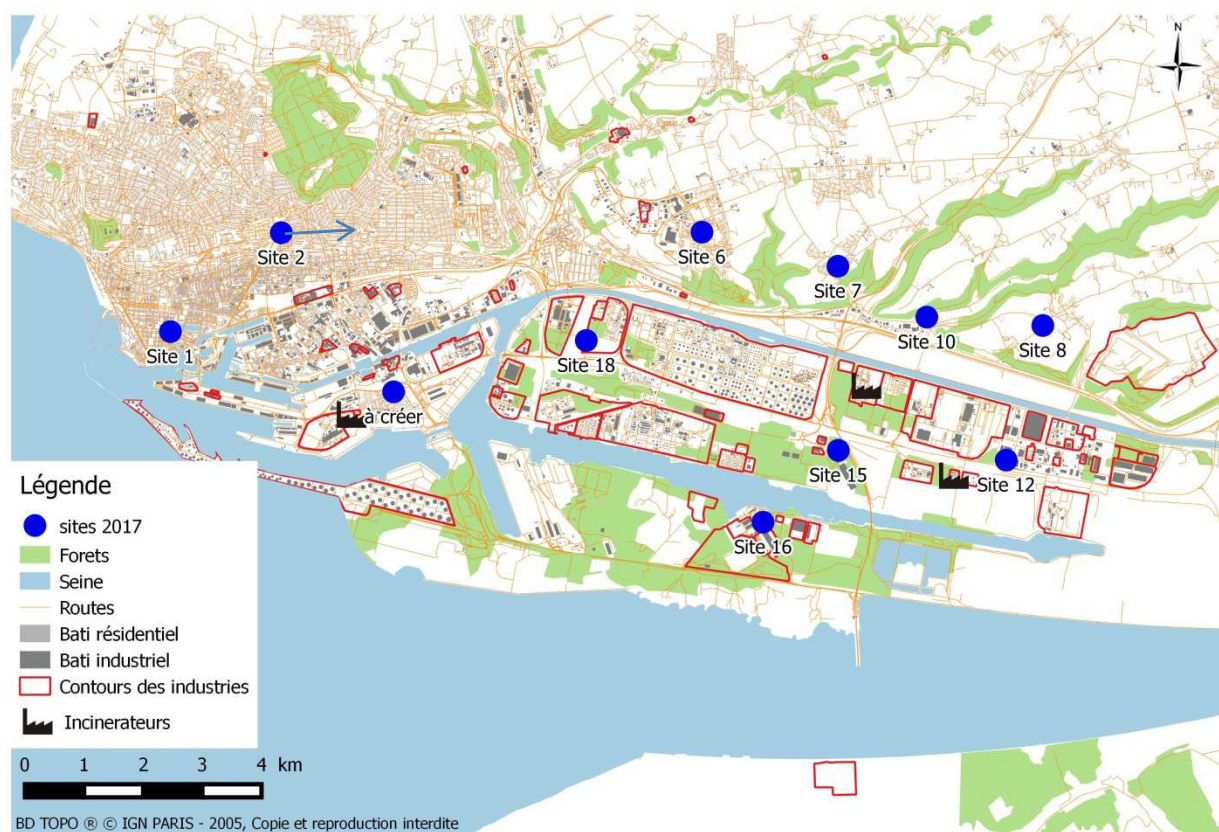


Figure 32 : Visualisation des propositions pour la suite (sites à conserver, à déplacer ou à créer)

7. Conclusion et recommandations

Les mesures de métaux et de dioxines effectuées dans les retombées atmosphériques sur la zone industrielle du Havre et ses alentours entre 2013 et 2015 permettent de mettre en évidence les phénomènes de retombées les plus importants sur ce secteur, à savoir la présence du nickel (provenant des émissions du raffinage mais aussi d'une usine de production du nickel située en ZI est). L'autre résultat marquant est l'observation de retombées plus élevées lorsqu'on se rapproche de l'ancienne usine Citron située en ZI sud, fermée depuis fin 2010, mais toujours le siège d'une activité de conditionnement et d'évacuation des déchets émettrice de plusieurs métaux et de dioxines / furanes.

L'impact des incinérateurs n'est pas discernable de façon univoque.

La campagne de mesure permet d'observer une décroissance des teneurs en métaux et dioxines / furanes lorsque l'on s'éloigne de la zone industrielle vers les secteurs habités du Havre et des plateaux nord, jusqu'à obtenir des résultats très faibles sur les sites maraichers en périphérie (Octeville et Gainneville).

Les 3 méthodes de mesure en parallèle (jauges, lichens, bryophytes) convergent dans leurs conclusions sur ces faits les plus marquants décrits ci-dessus.

Concernant l'évolution de la surveillance pour les années à venir, la proposition qui est faite ici cherche à redistribuer les points de surveillance des retombées en fonction de leurs objectifs (témoins du niveau de fond urbain, témoin du niveau de fond rural, témoin du trafic routier et poids lourds, points d'impact maximal sous les vents des incinérateurs de déchets dangereux en zone industrielle et de l'incinérateur des boues de la station d'épuration du Havre, points d'impact des phénomènes industriels les plus marquants de la ZI du Havre, points urbains supplémentaires d'intérêt du point de vue de l'exposition des personnes et/ou des personnes sensibles). Au vu des résultats, il est par ailleurs proposé d'alléger la surveillance en terme de nombre de sites en gardant onze points de mesures. Il est également proposé d'alterner les méthodes de surveillance une année sur deux : une année pour les jauges de dépôts et une année pour les lichens de façon à continuer à alimenter la base de données régionale pour ces 2 méthodes pour lesquelles un historique est disponible. L'arrêt de la mesure du thallium et du sélénium dans les retombées est proposée du fait des teneurs systématiquement en dessous de la limite de quantification sur tous les secteurs de mesure de Haute Normandie.

Enfin, une surveillance tournante des métaux particuliers et du mercure gazeux dans l'air ambiant pourra être mise en place au moyen de campagnes de mesures sur les sites urbains où une population est exposée par inhalation, notamment des personnes sensibles comme cela est recommandé dans le guide de l'INERIS.

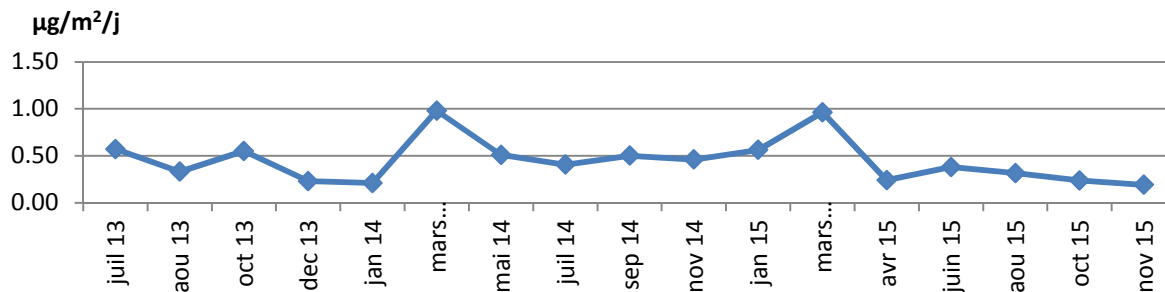
8. Pages complémentaires

8.1. Annexes

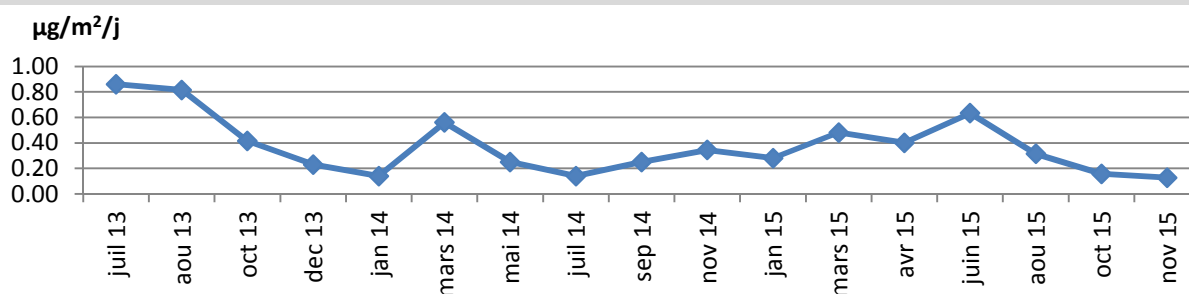
8.1.1. Annexe 1 – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 1 – AURH

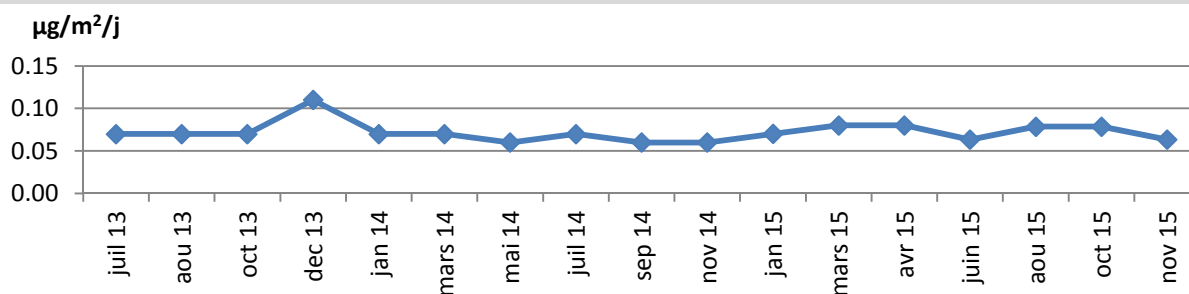
Antimoine



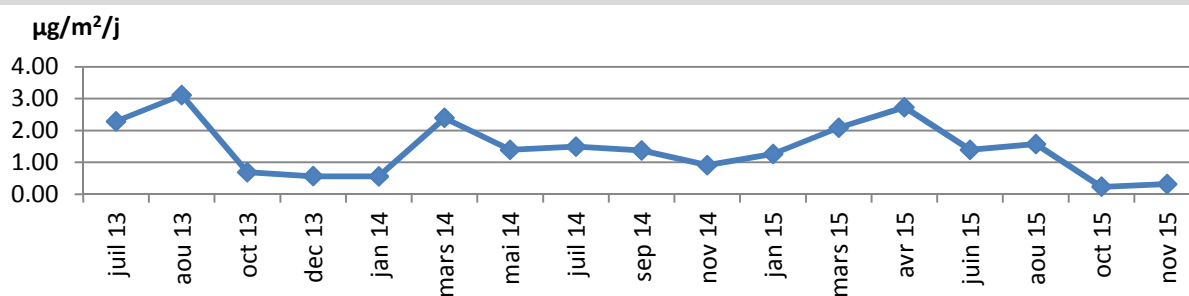
Arsenic



Cadmium



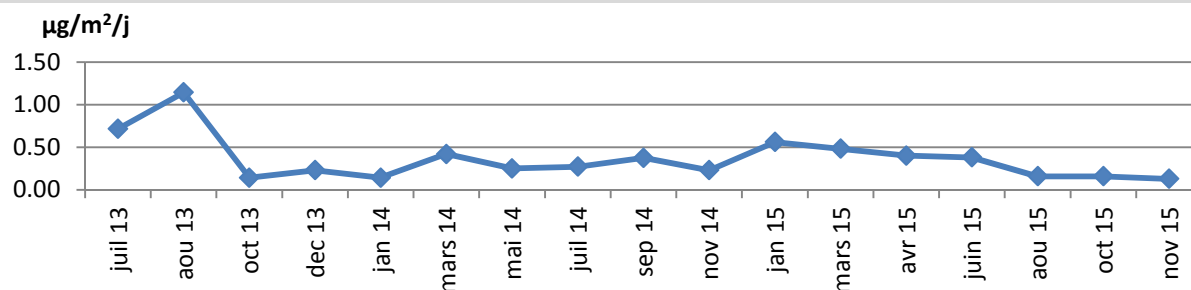
Chrome



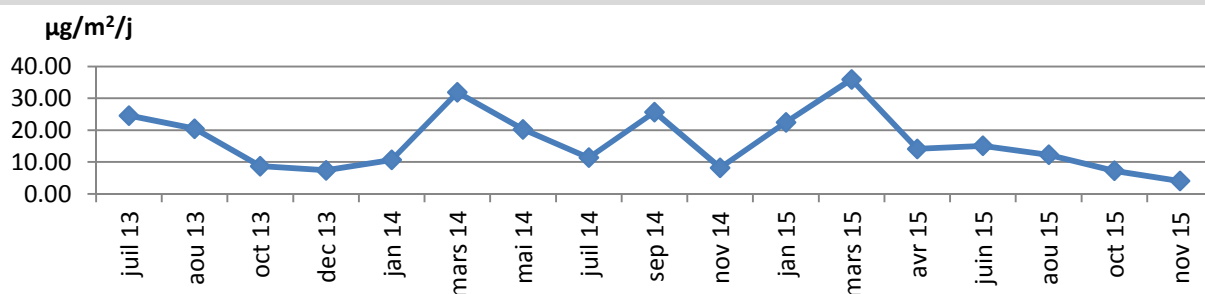
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 1 – AURH

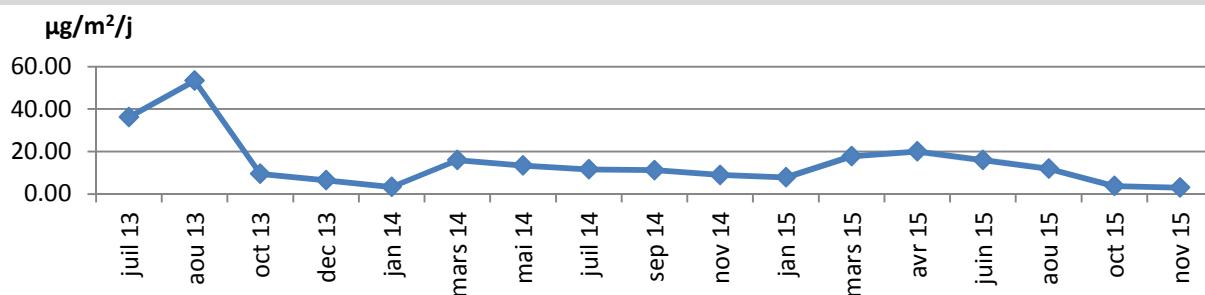
Cobalt



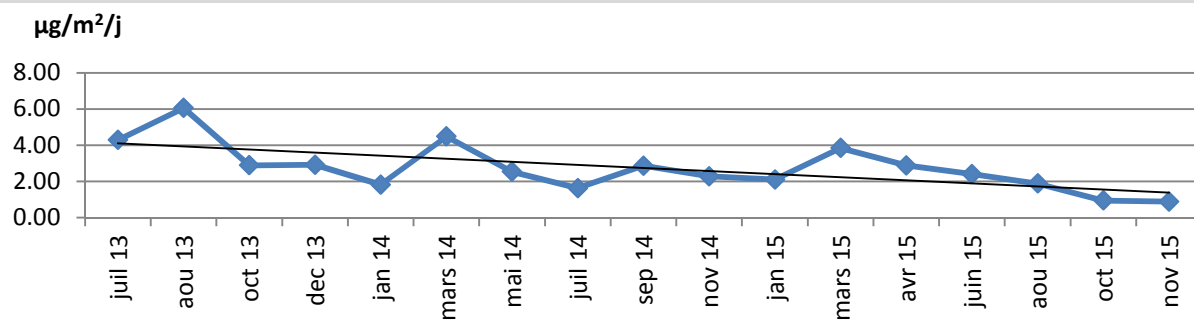
Cuivre



Manganèse



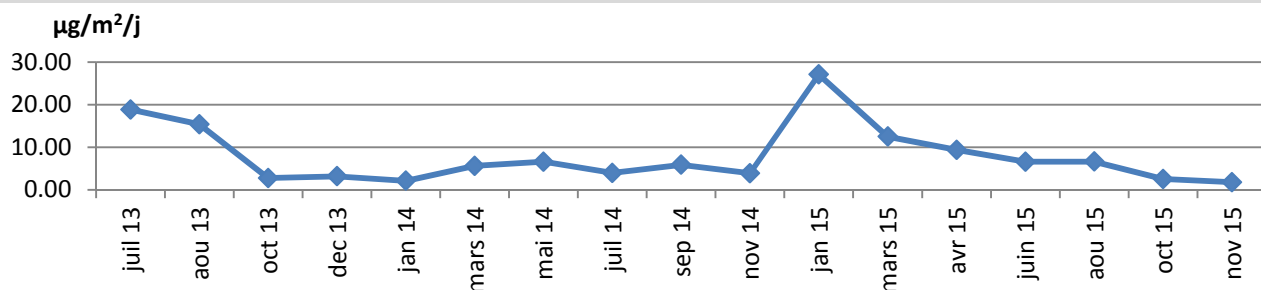
Nickel



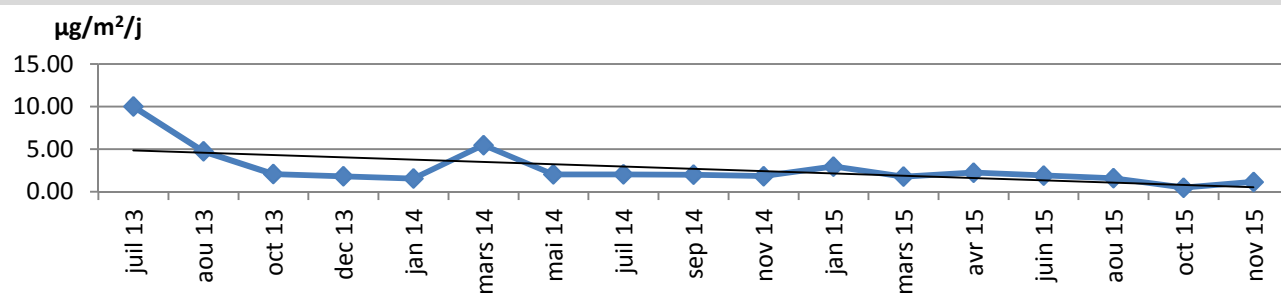
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 1 – AURH

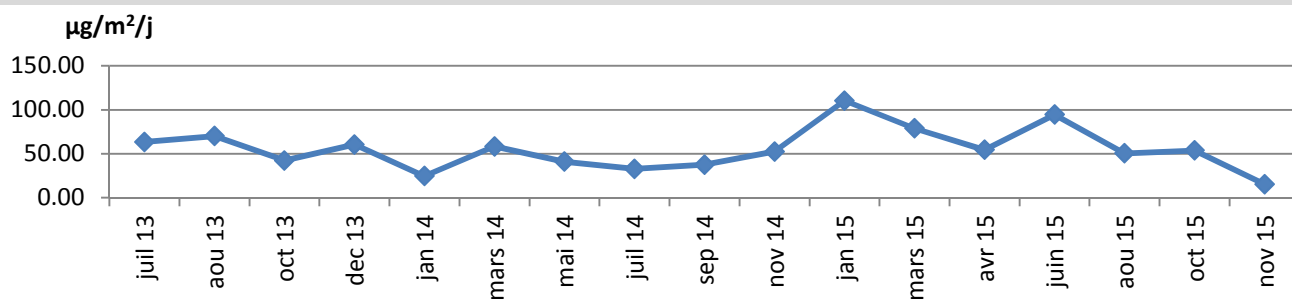
Plomb



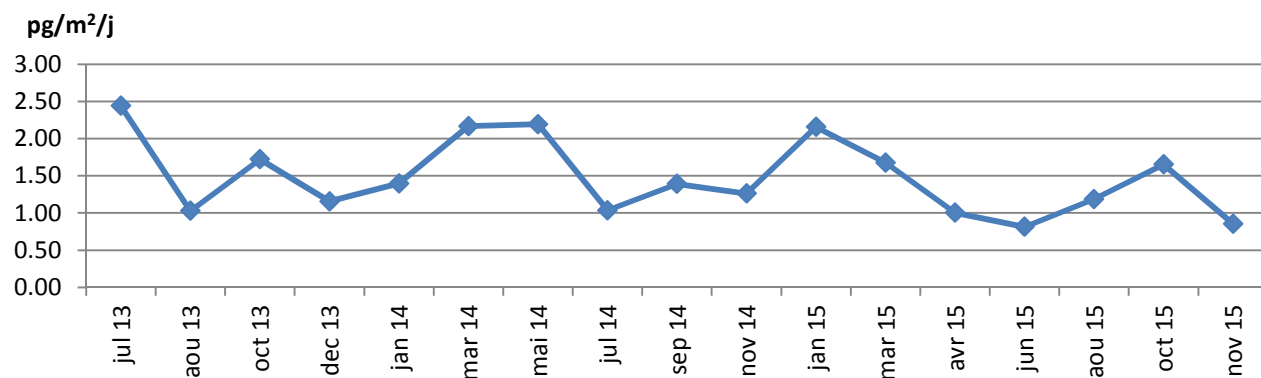
Vanadium



Zinc

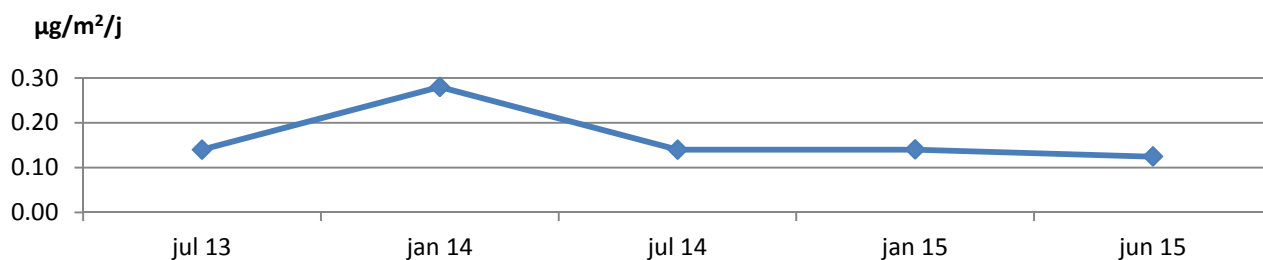


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

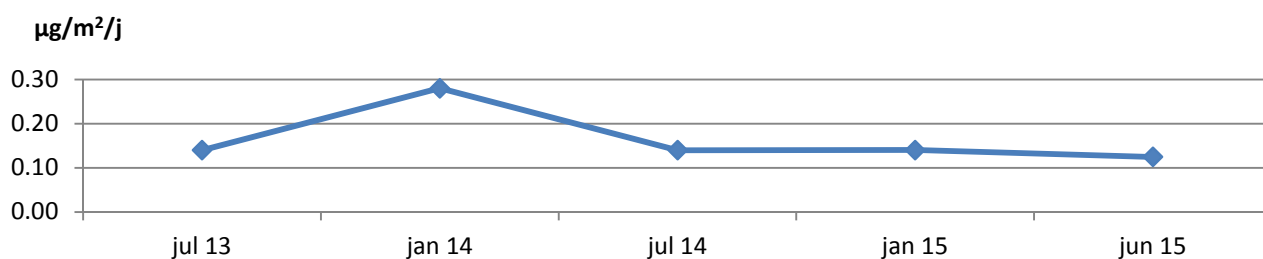


Site 2 – CIMETIERE SAINTE MARIE

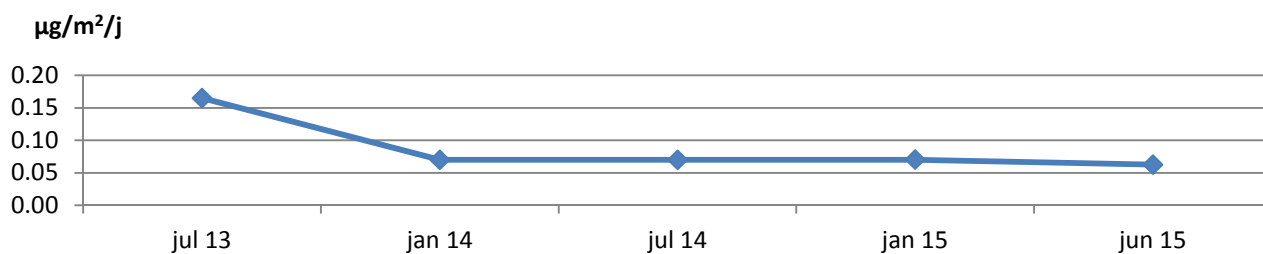
Antimoine



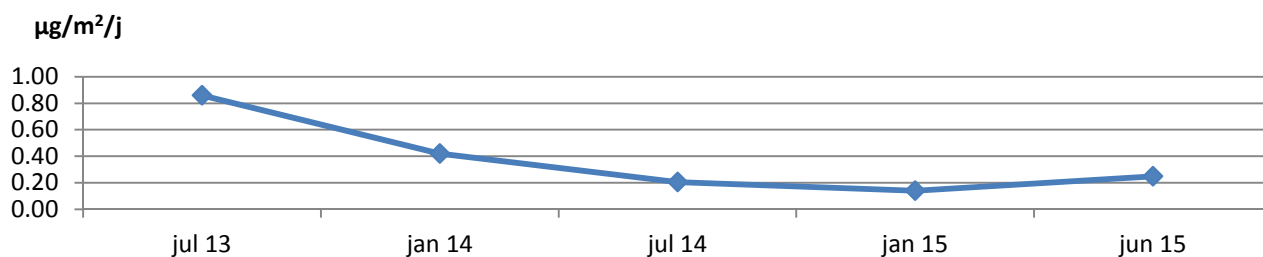
Arsenic



Cadmium

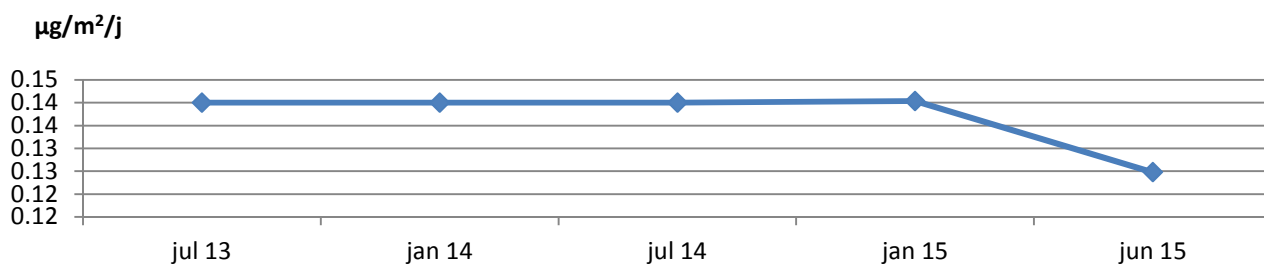


Chrome

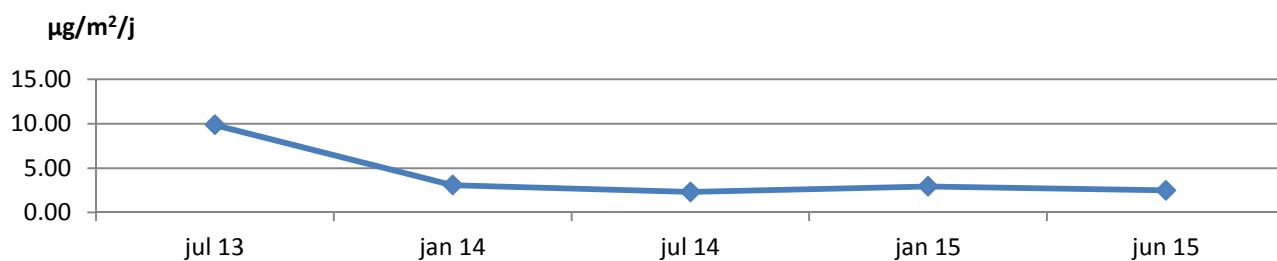


Site 2 – CIMETIERE SAINTE MARIE

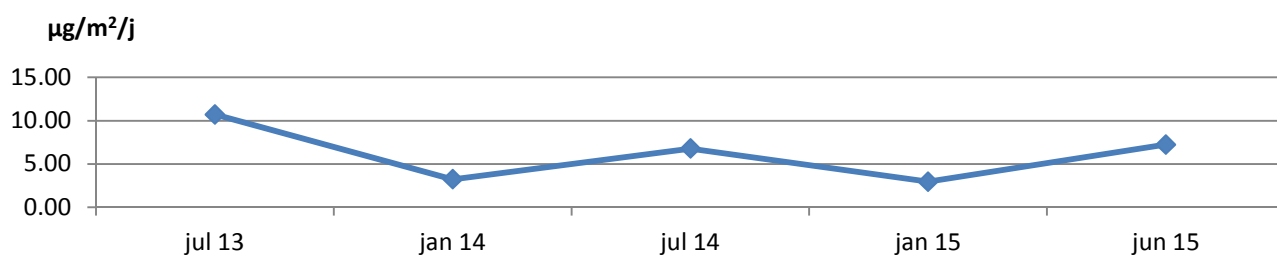
Cobalt



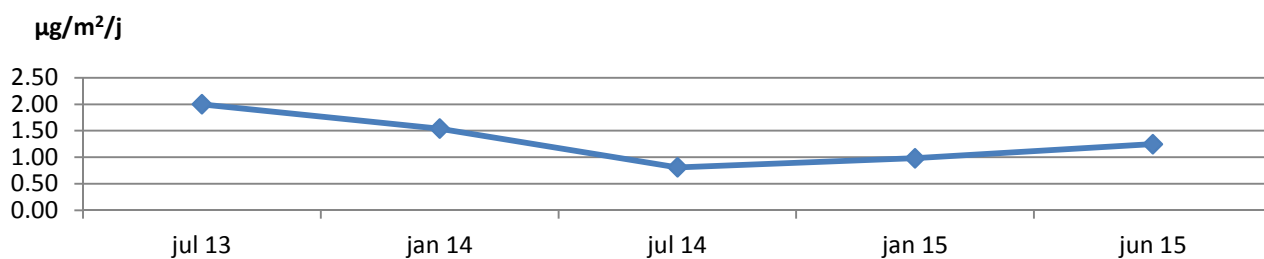
Cuivre



Manganèse



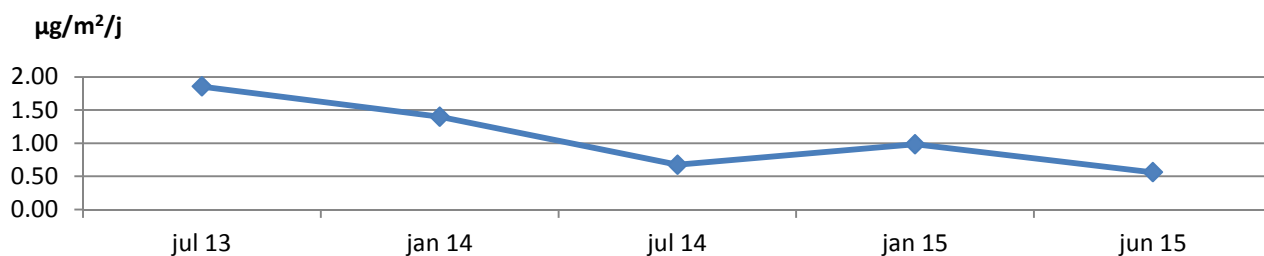
Nickel



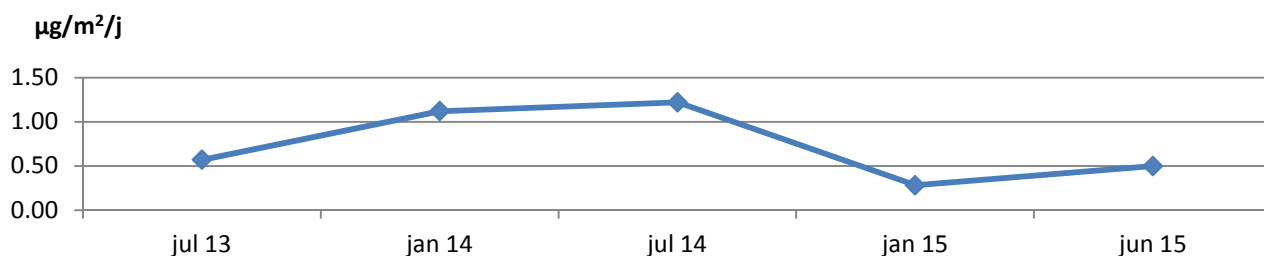
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 2 – CIMETIERE SAINTE MARIE

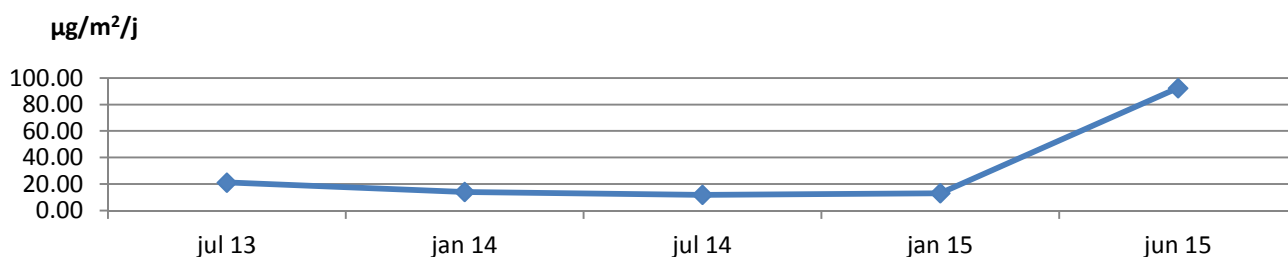
Plomb



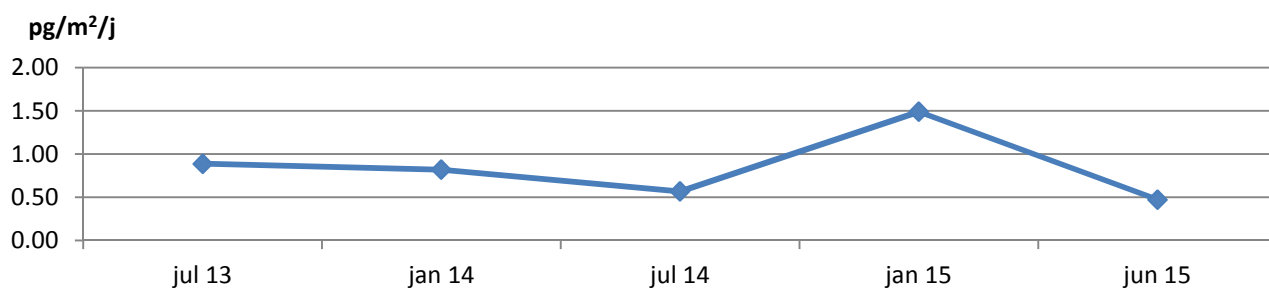
Vanadium



Zinc

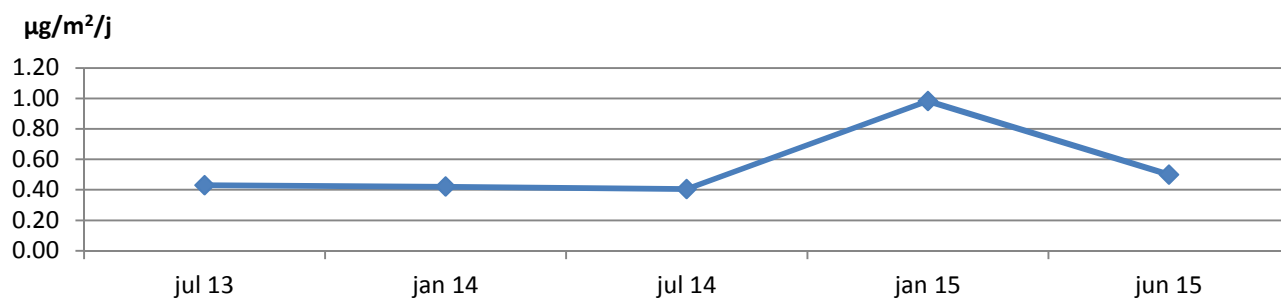


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

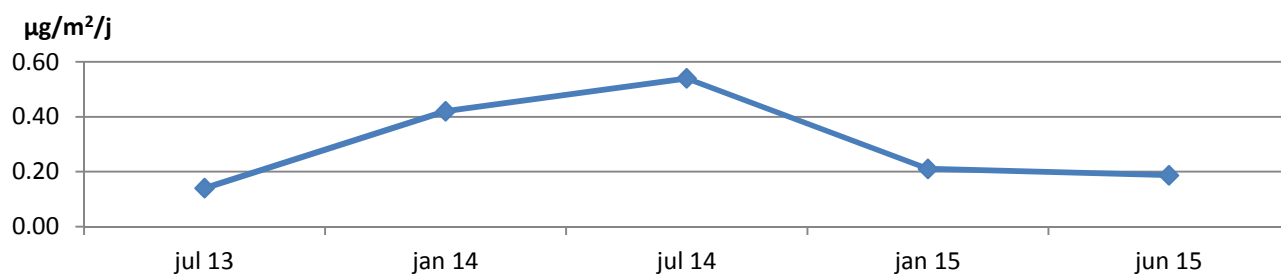


Site 3 – CAUCRIAUVILLE TDF

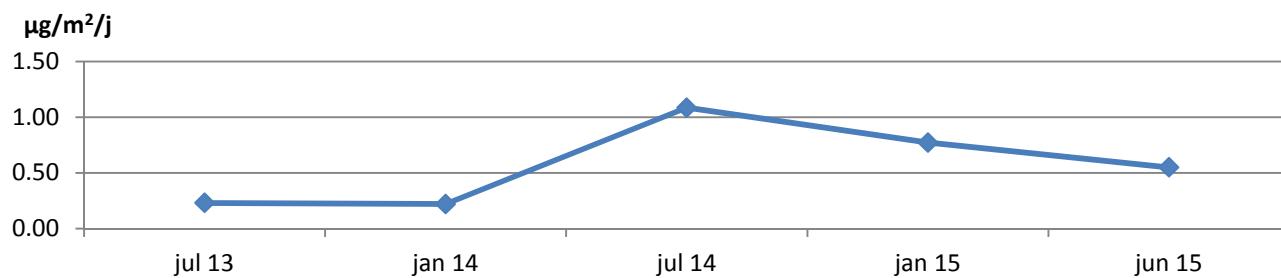
Antimoine



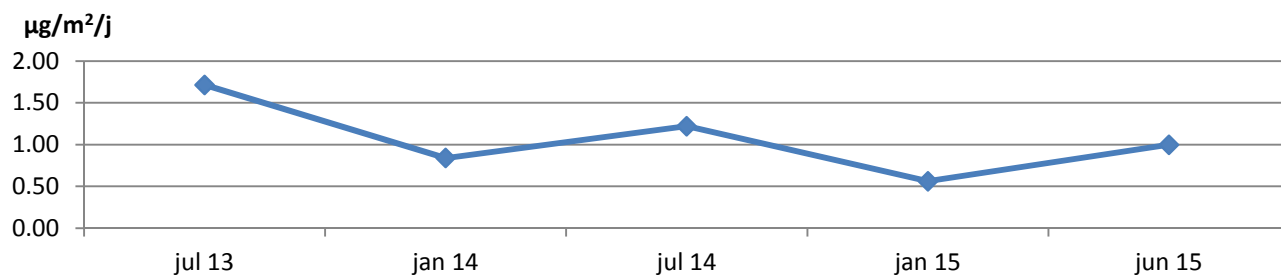
Arsenic



Cadmium



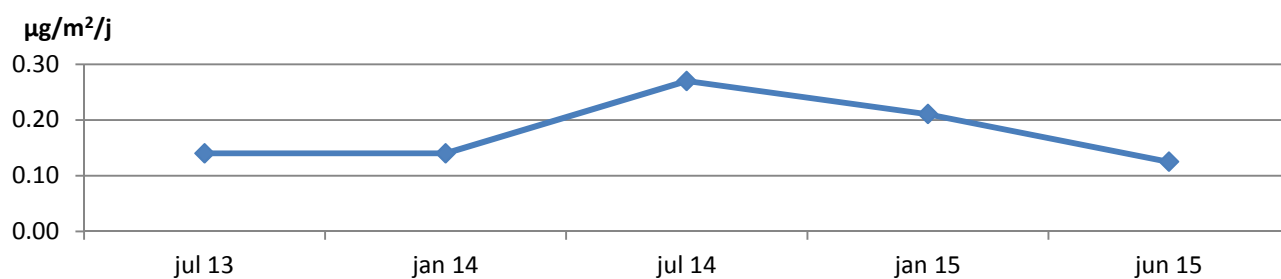
Chrome



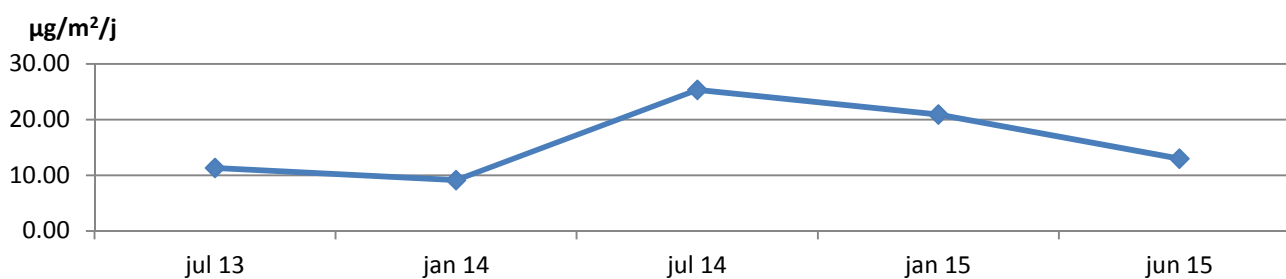
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 3 – CAUCRIAUVILLE TDF

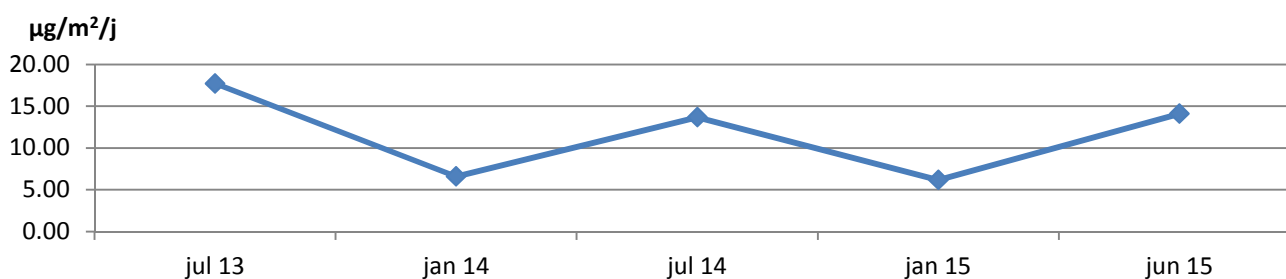
Cobalt



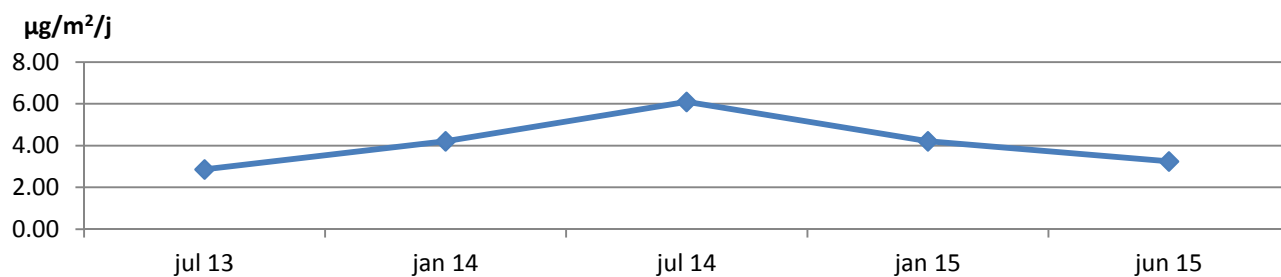
Cuivre



Manganèse



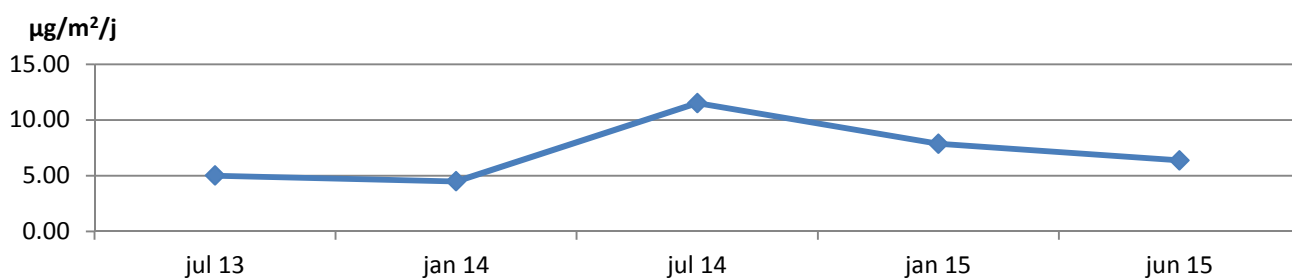
Nickel



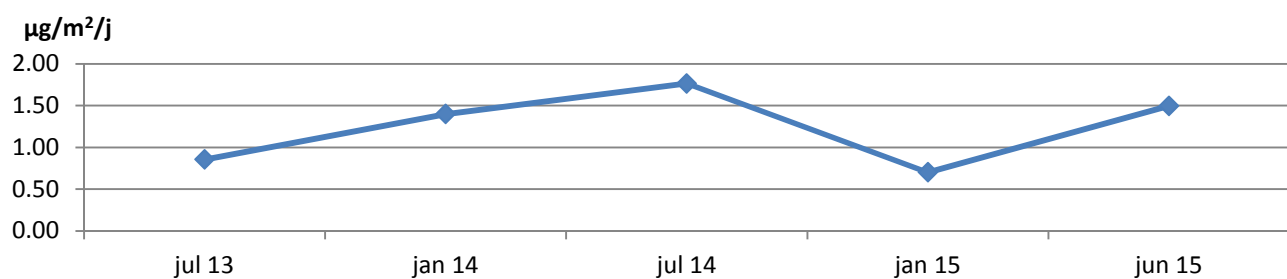
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 3 – CAUCRIAUVILLE TDF

Plomb



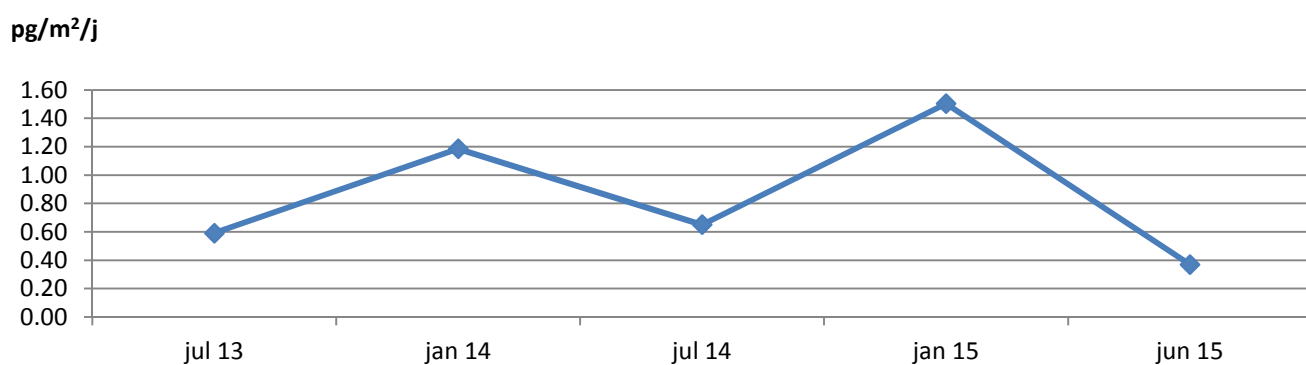
Vanadium



Zinc

données invalidées

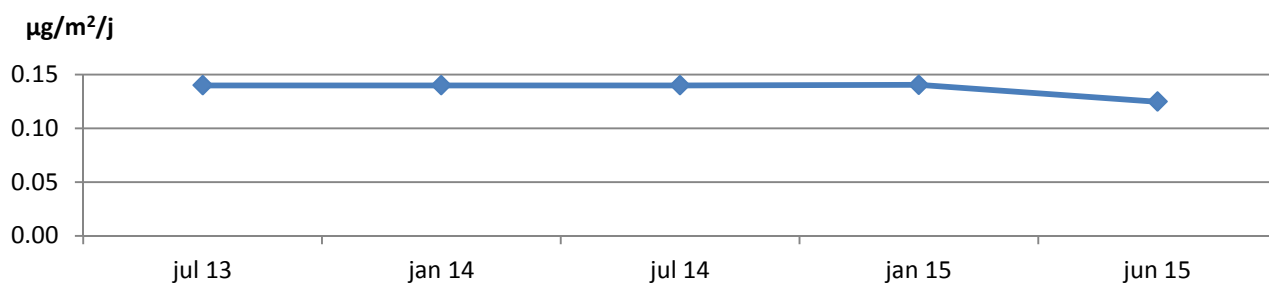
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



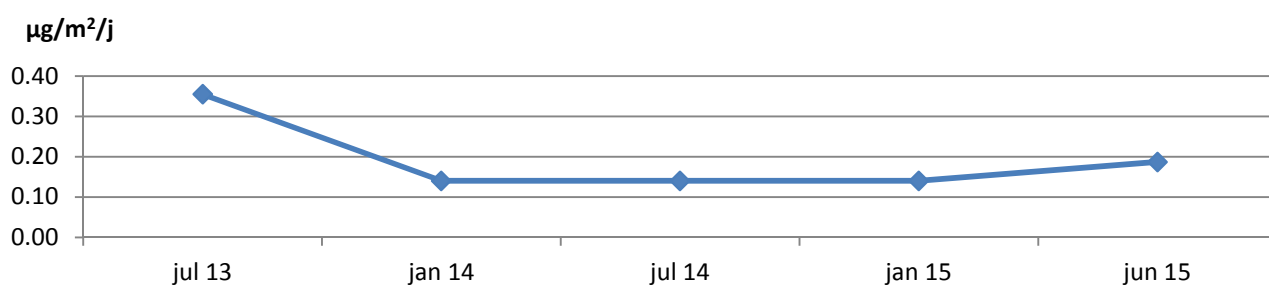
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 4 – FERME GUILLET

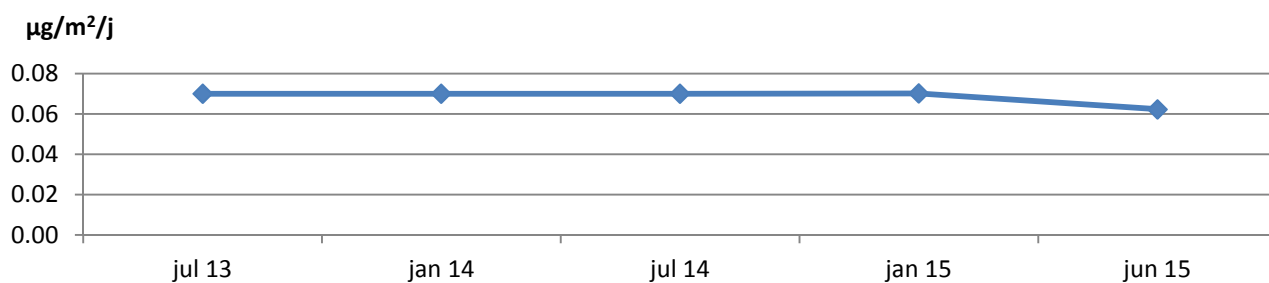
Antimoine



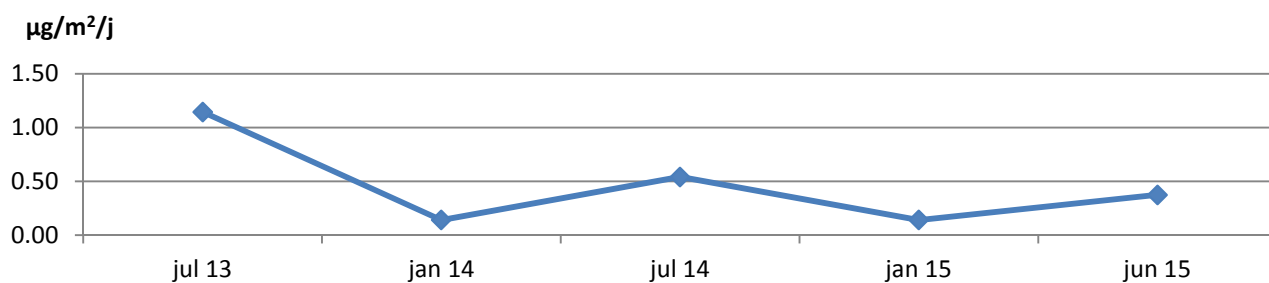
Arsenic



Cadmium



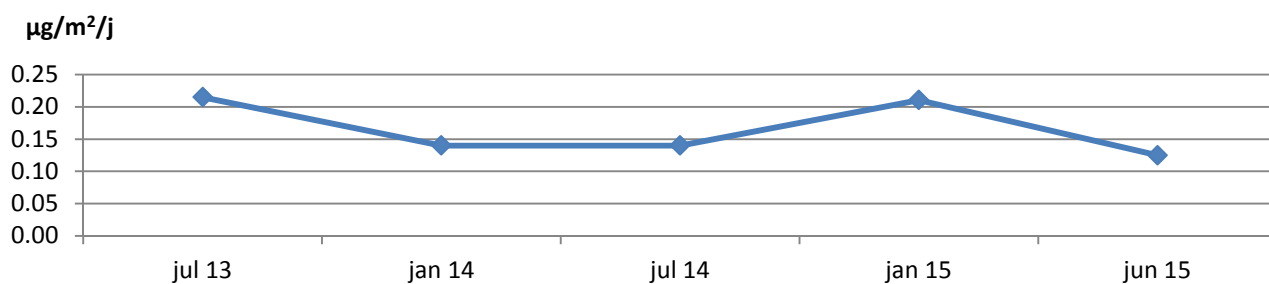
Chrome



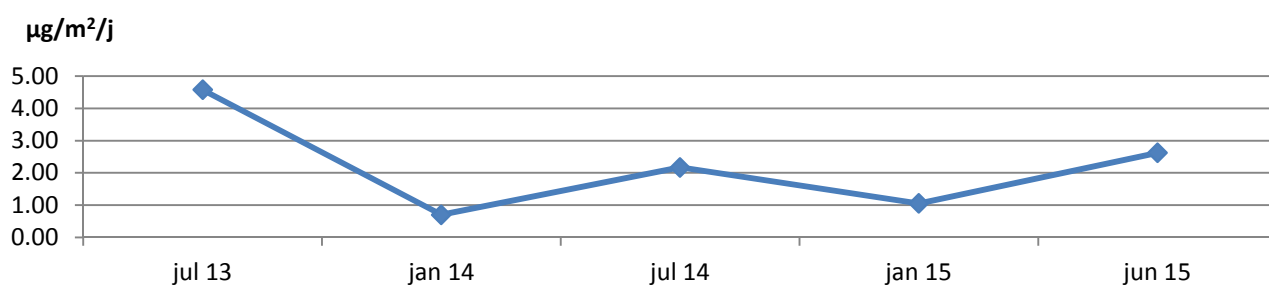
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 4 – FERME GUILLET

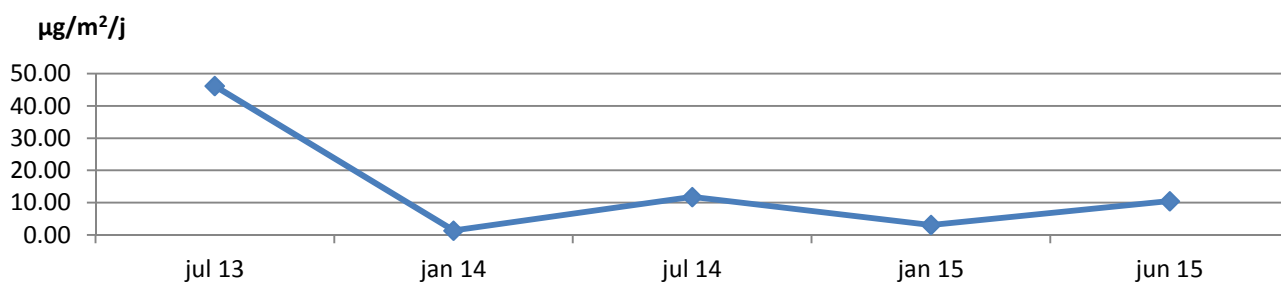
Cobalt



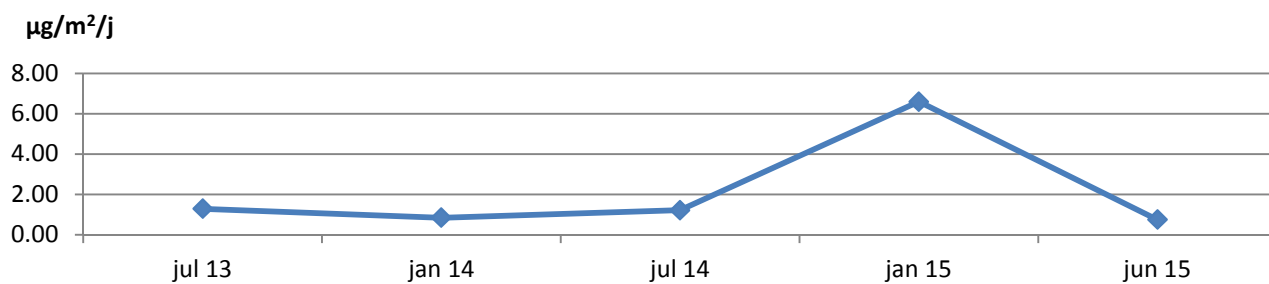
Cuivre



Manganèse



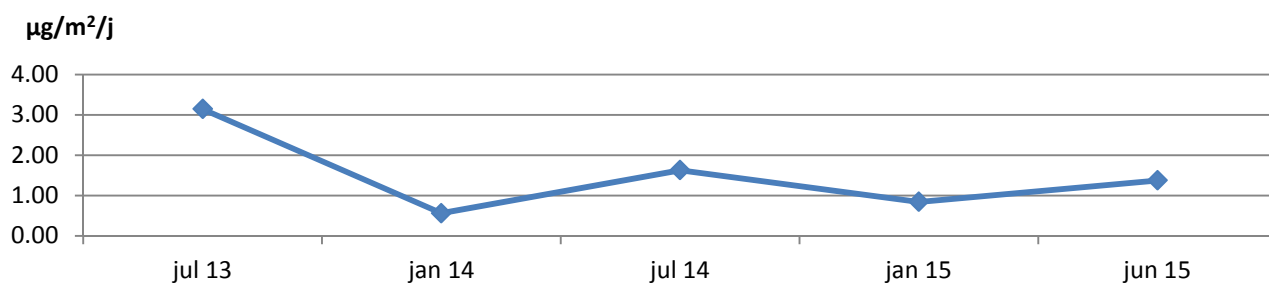
Nickel



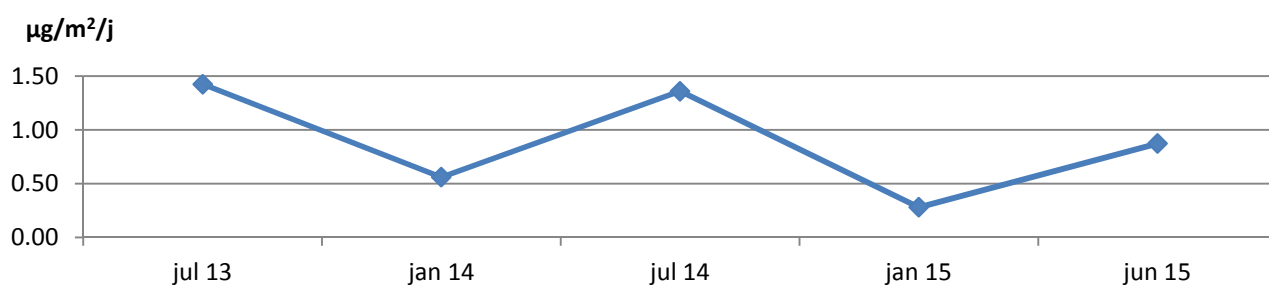
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 4 – FERME GUILLET

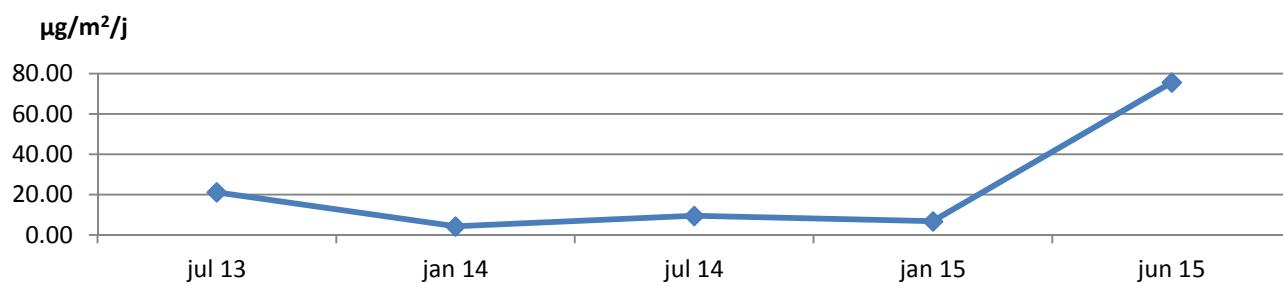
Plomb



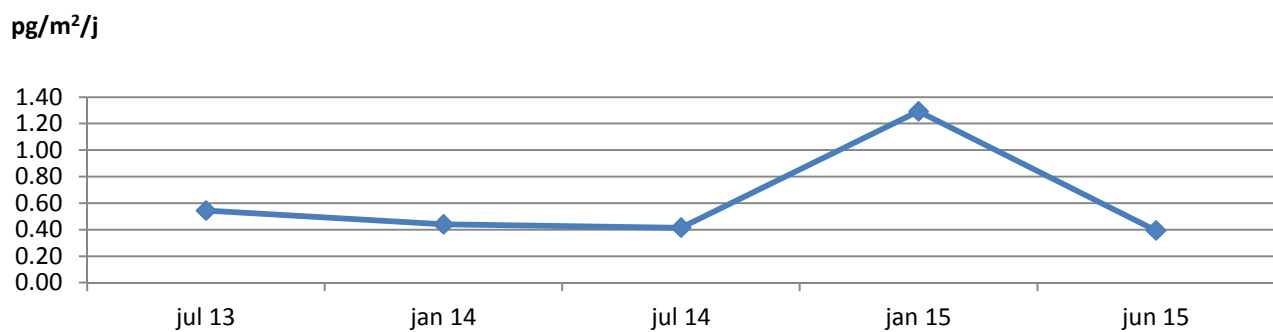
Vanadium



Zinc



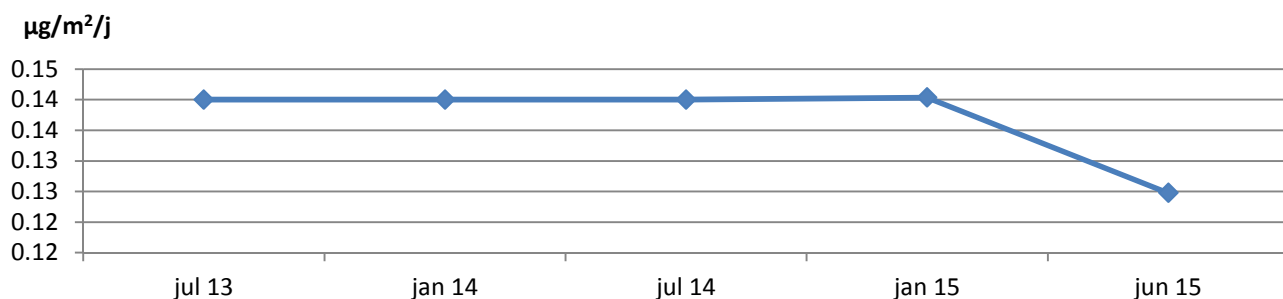
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



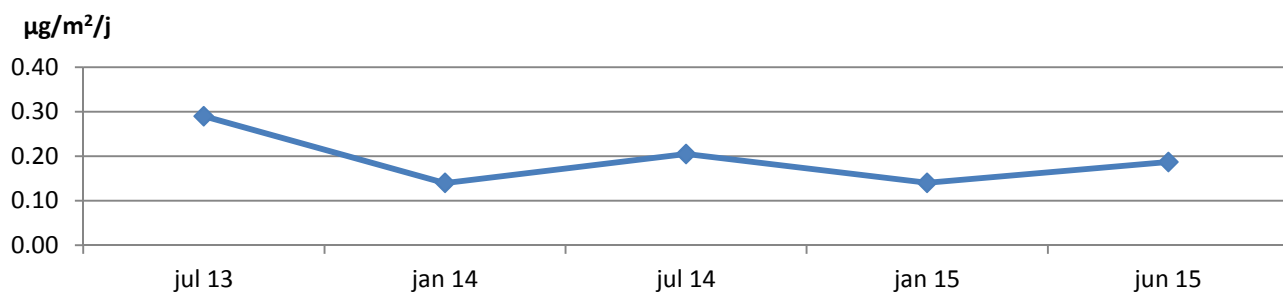
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 5 – GAEC MALO

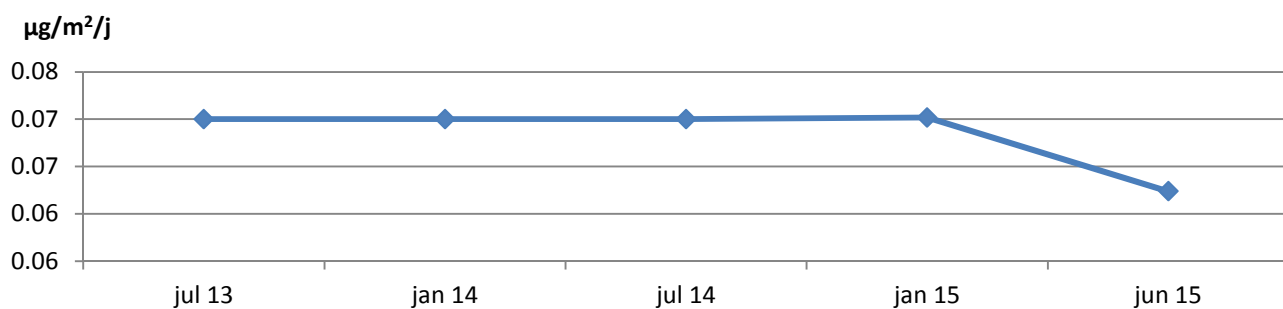
Antimoine



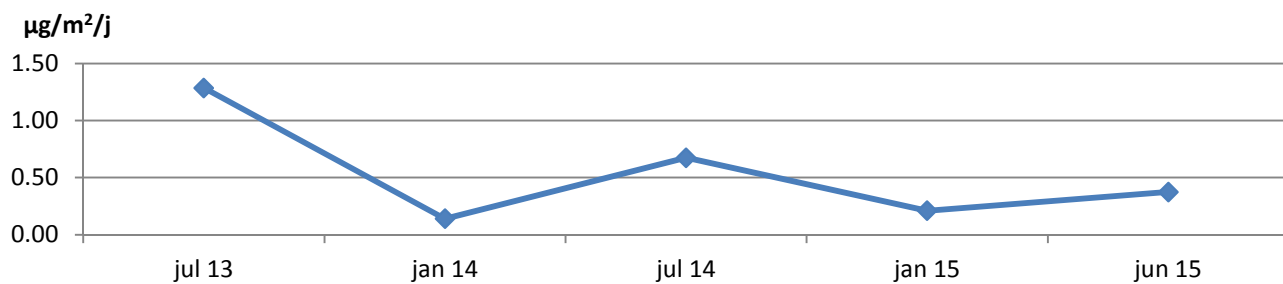
Arsenic



Cadmium

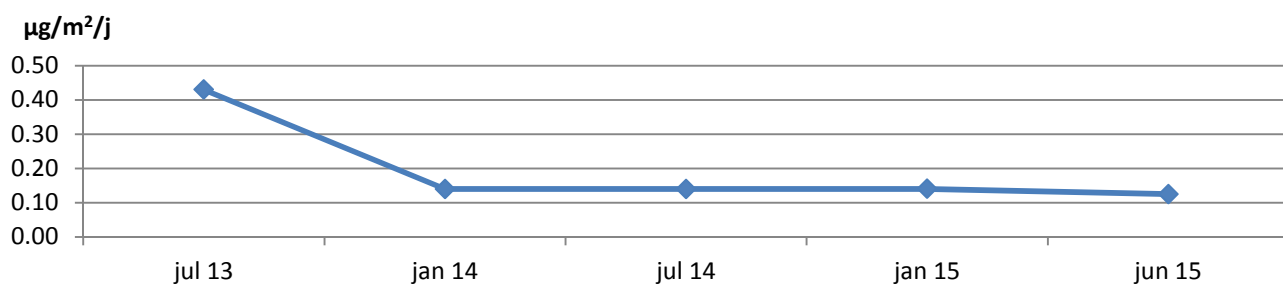


Chrome

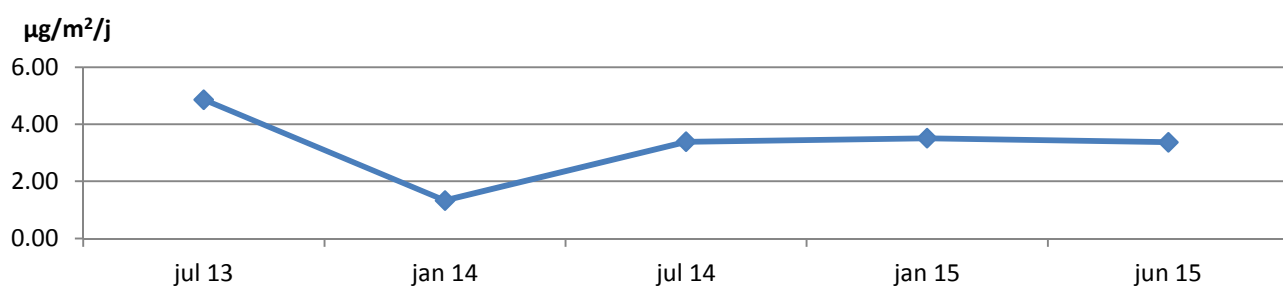


Site 5 – GAEC MALO

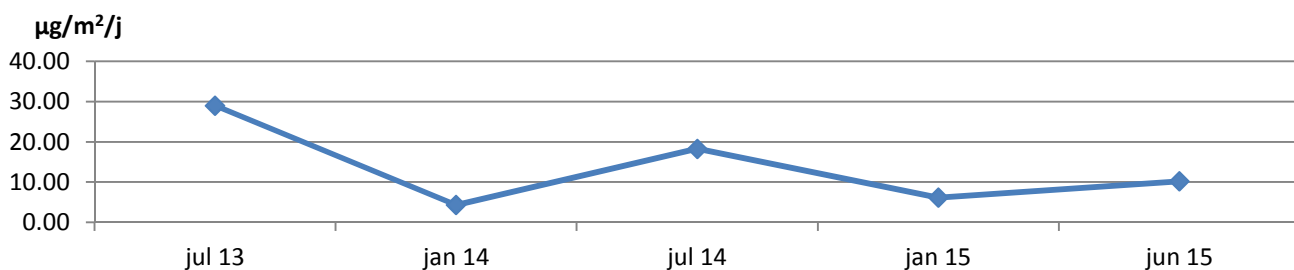
Cobalt



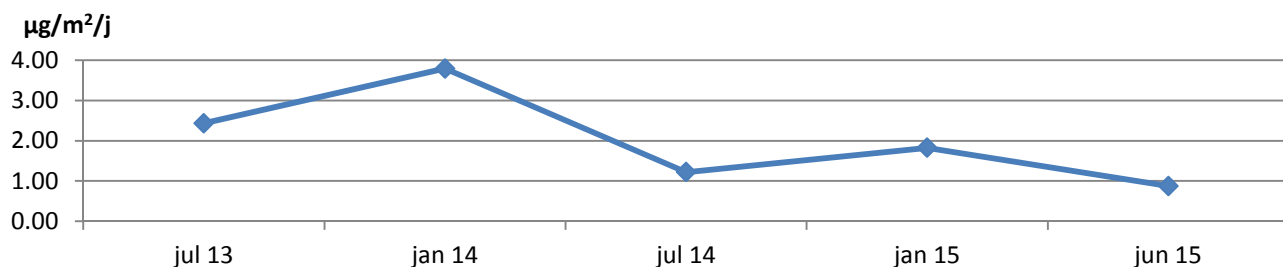
Cuivre



Manganèse



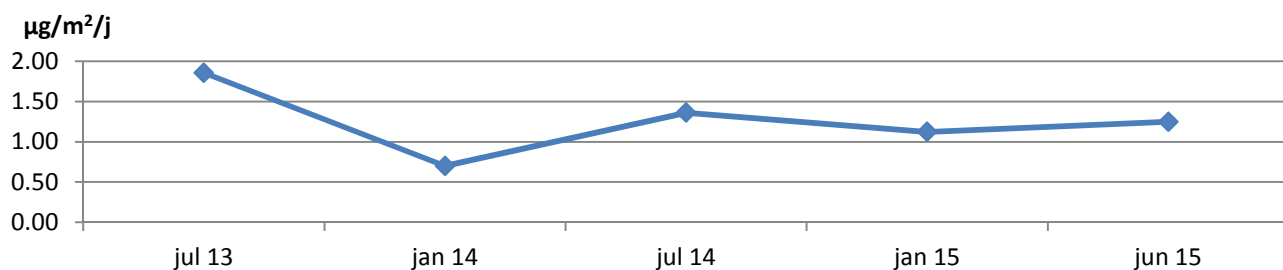
Nickel



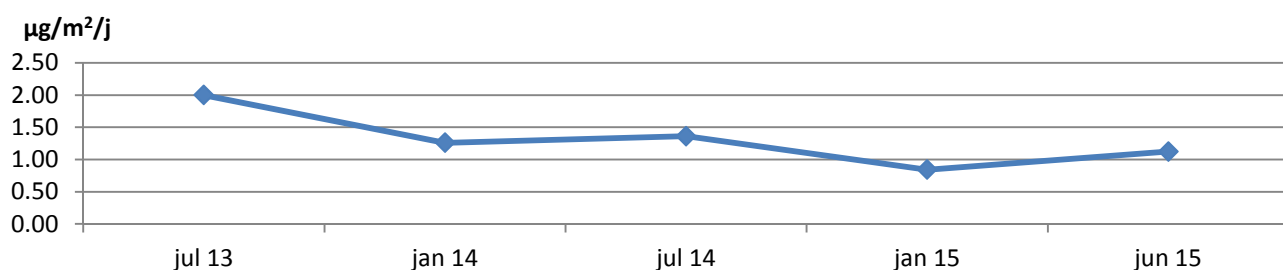
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 5 – GAEC MALO

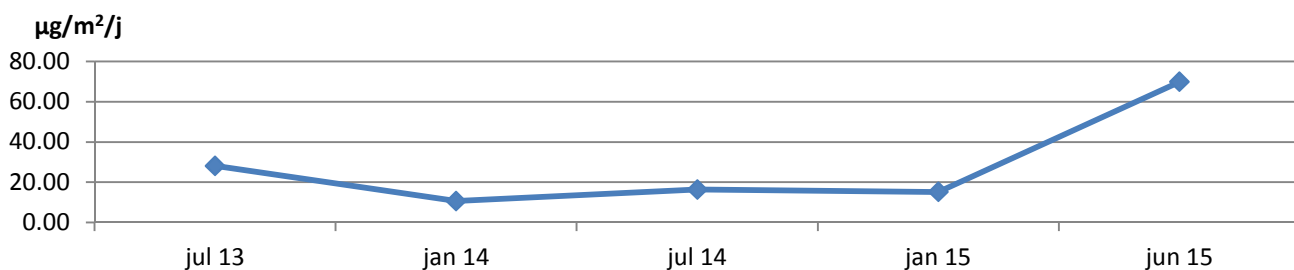
Plomb



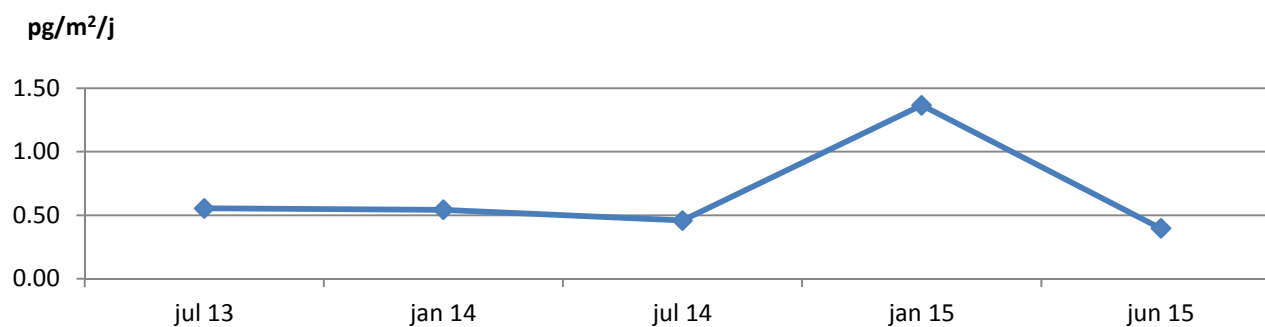
Vanadium



Zinc

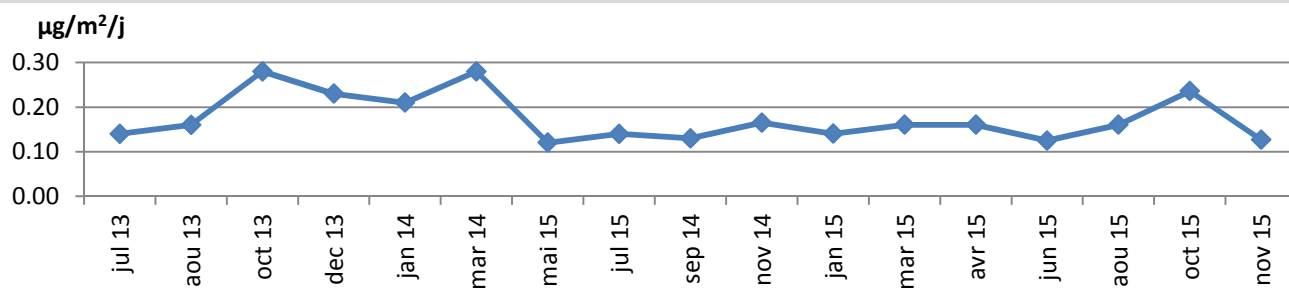


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

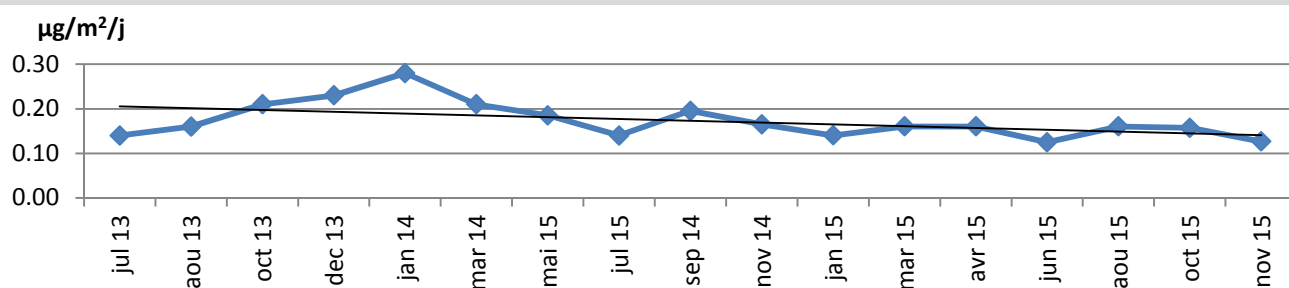


Site 6 –COLLEGE COURBET

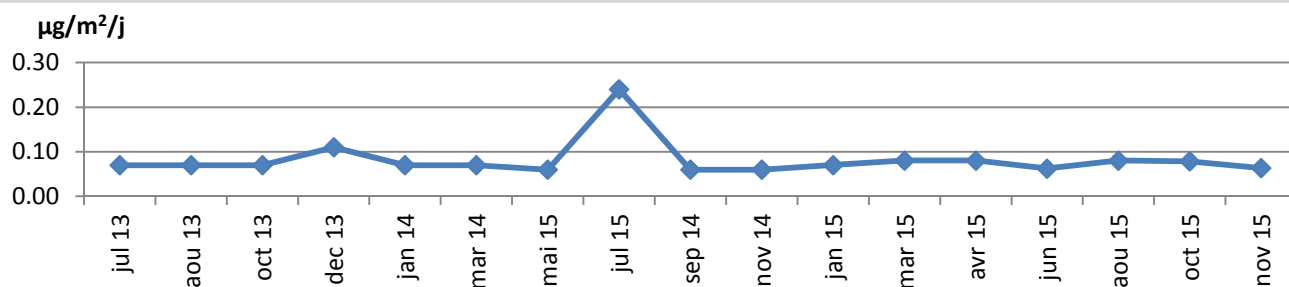
Antimoine



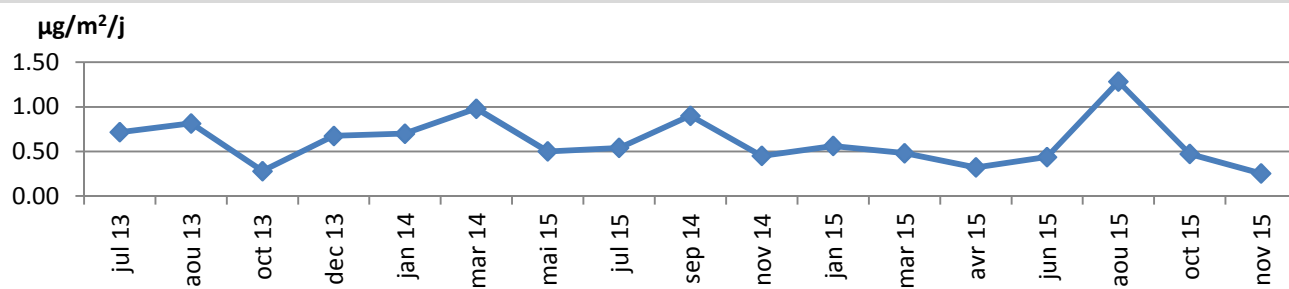
Arsenic



Cadmium

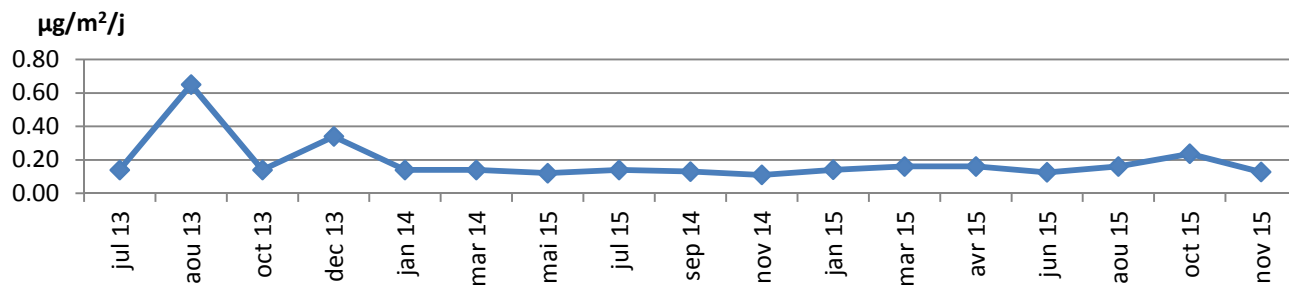


Chrome

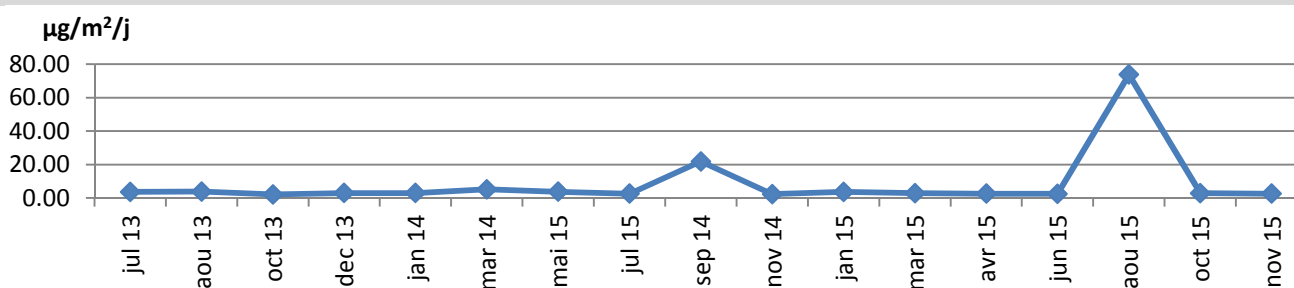


Site 6 –COLLEGE COURBET

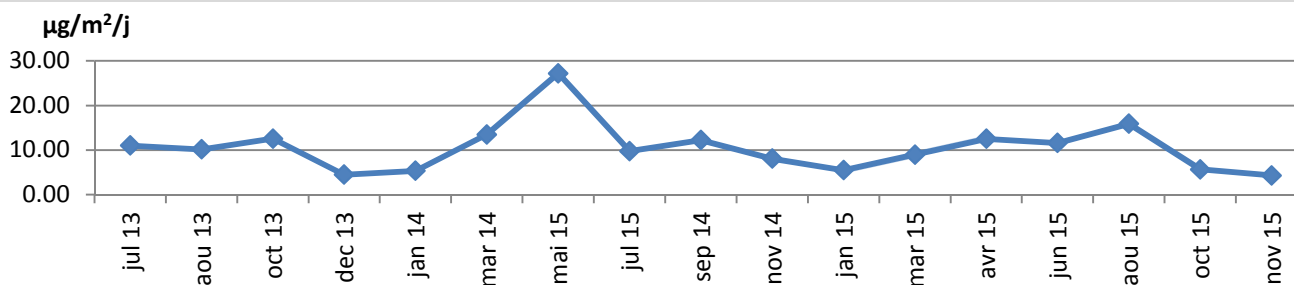
Cobalt



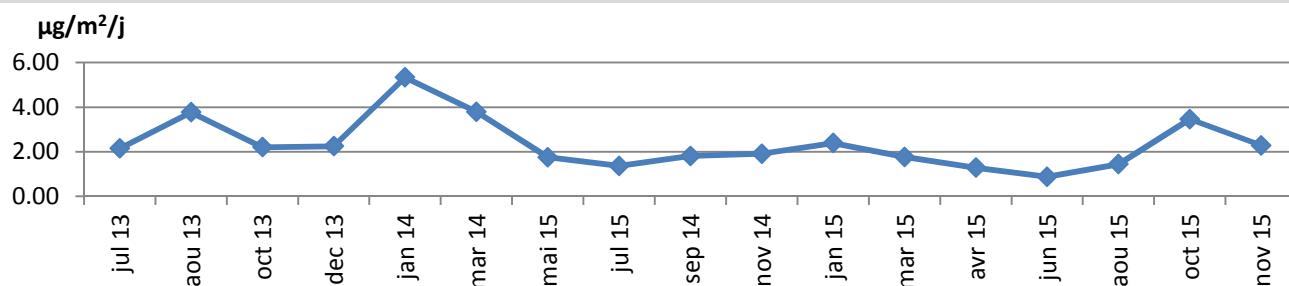
Cuivre



Manganèse



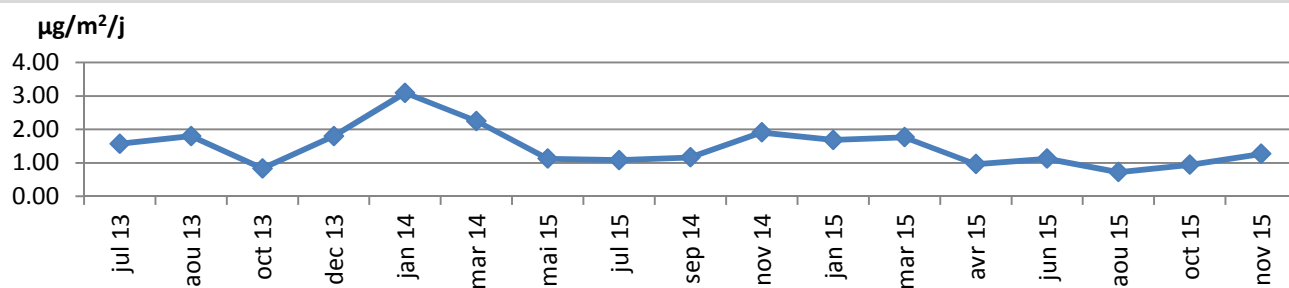
Nickel



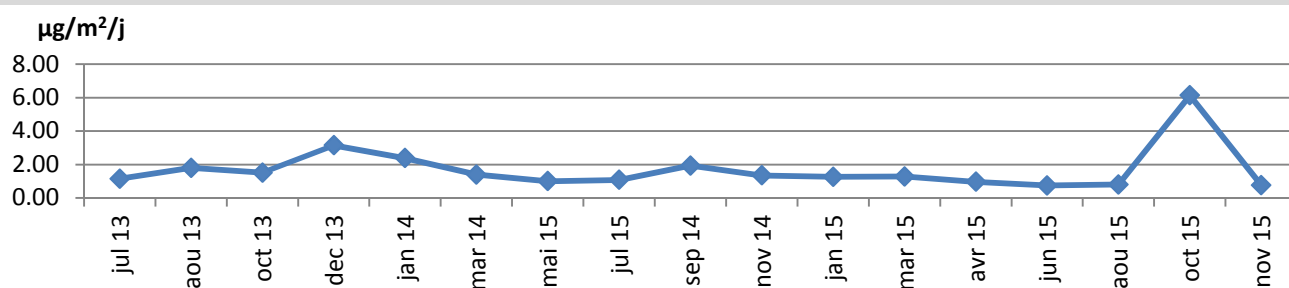
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 6 –COLLEGE COURBET

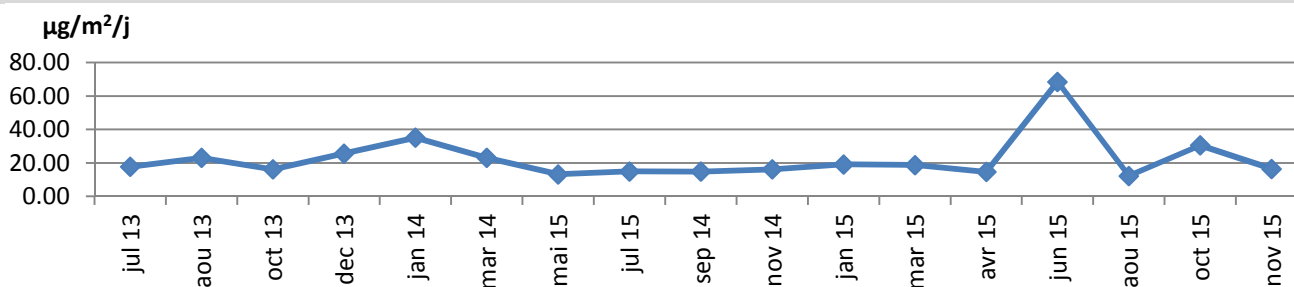
Plomb



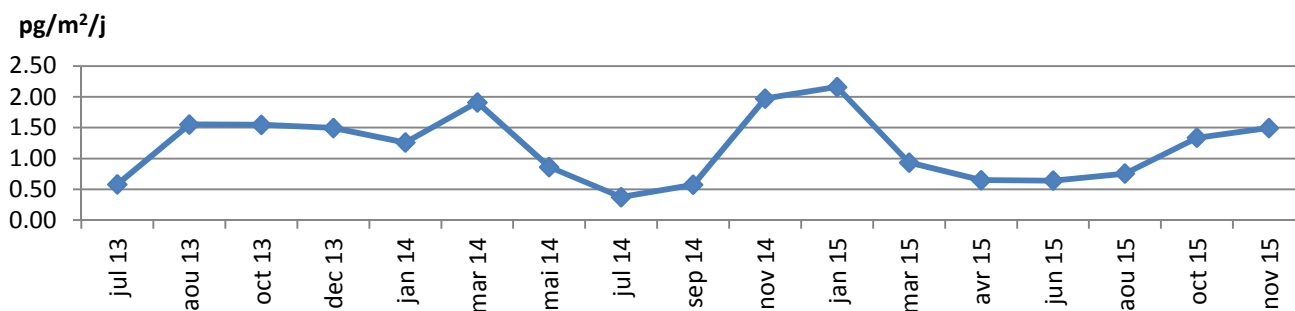
Vanadium



Zinc



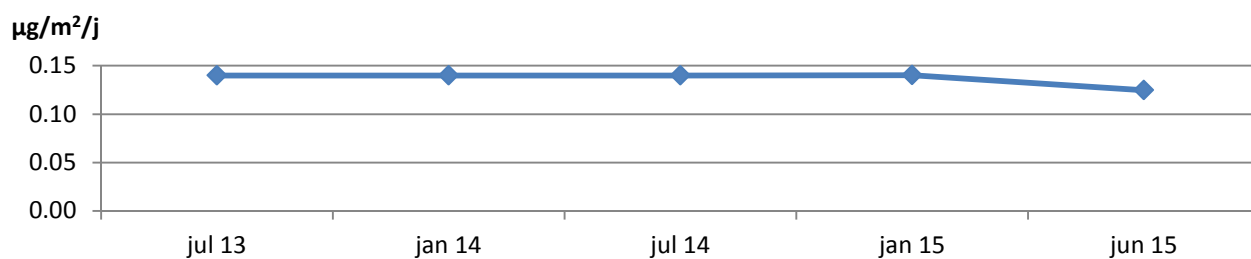
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



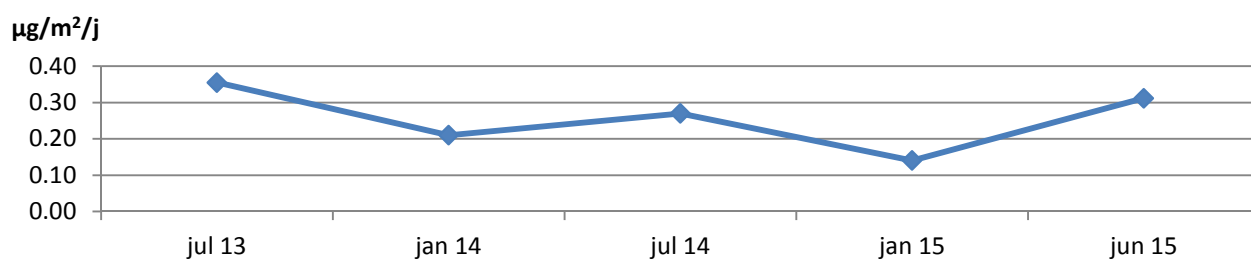
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 7 – ECOLE ROGERVILLE

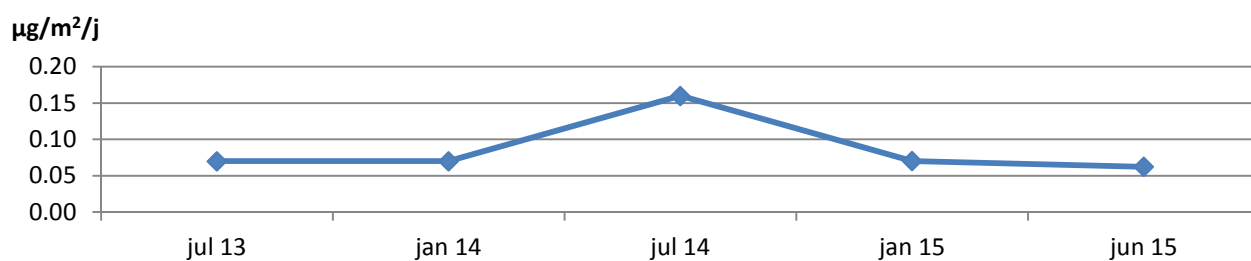
Antimoine



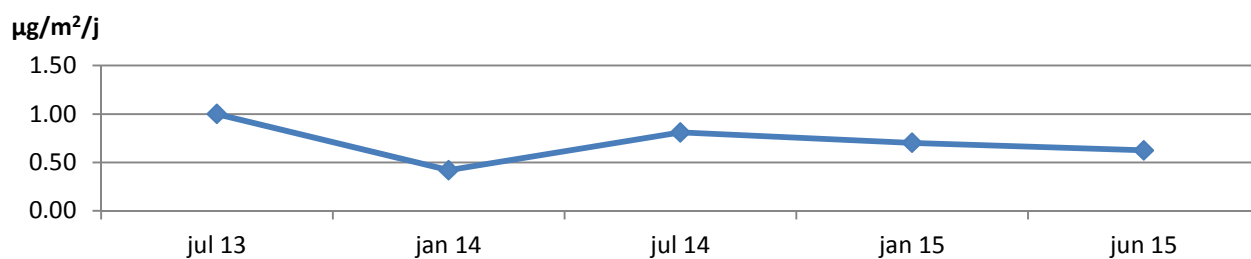
Arsenic



Cadmium

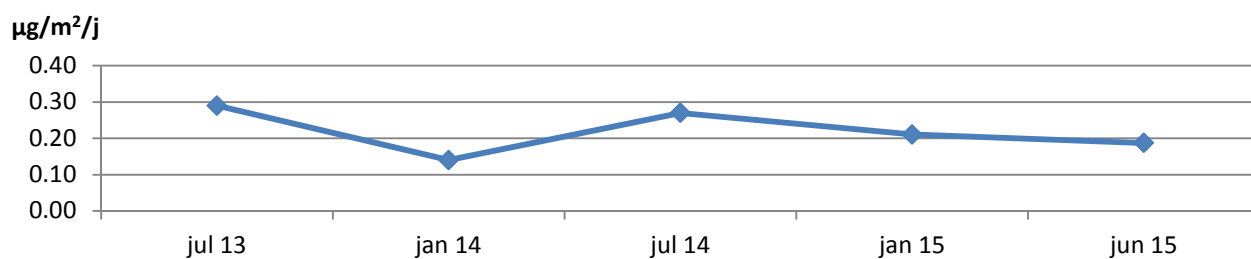


Chrome

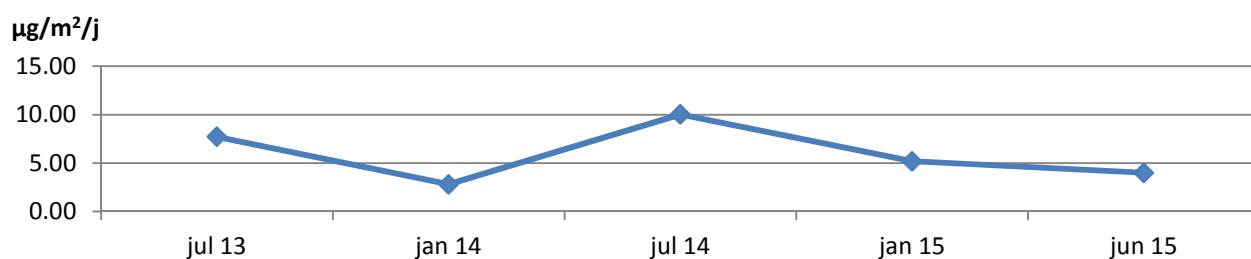


Site 7 – ECOLE ROGERVILLE

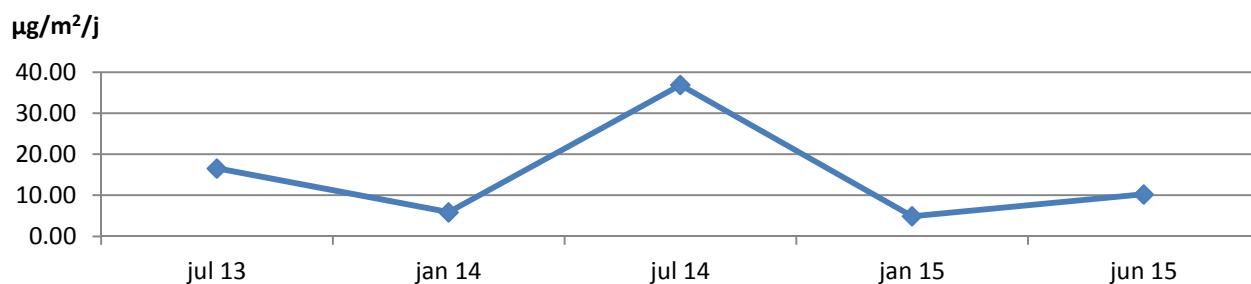
Cobalt



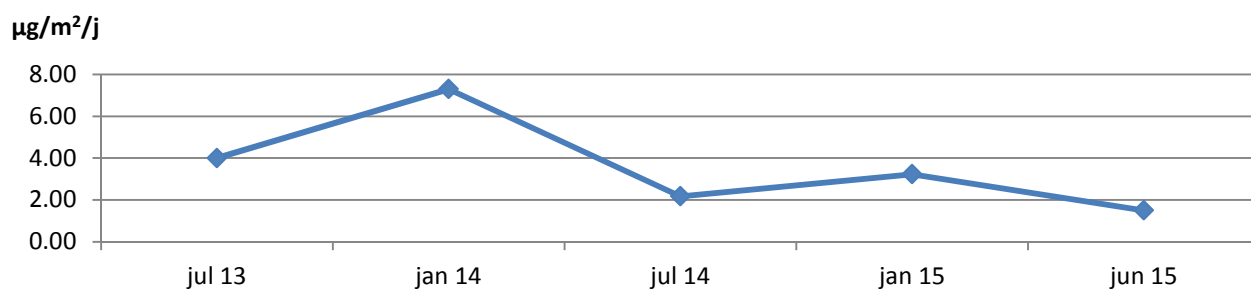
Cuivre



Manganèse



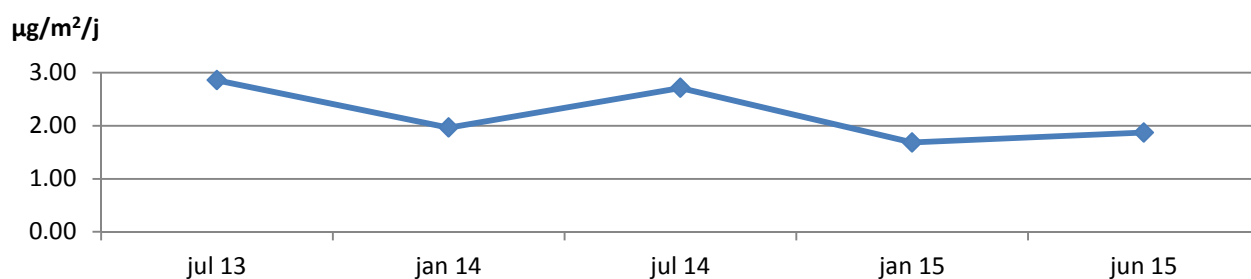
Nickel



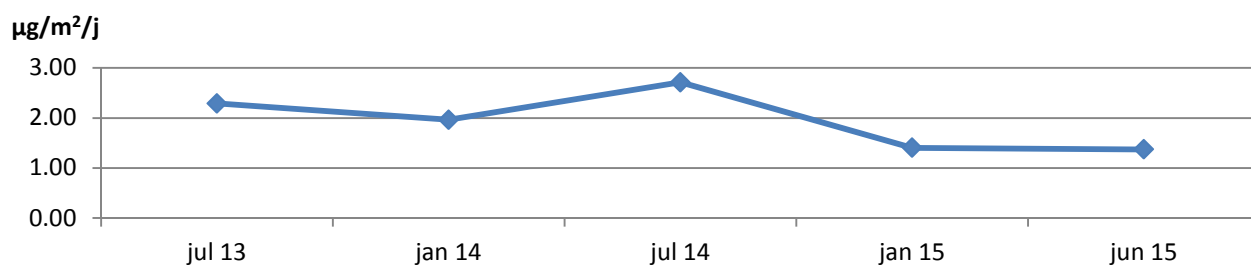
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 7 – ECOLE ROGERVILLE

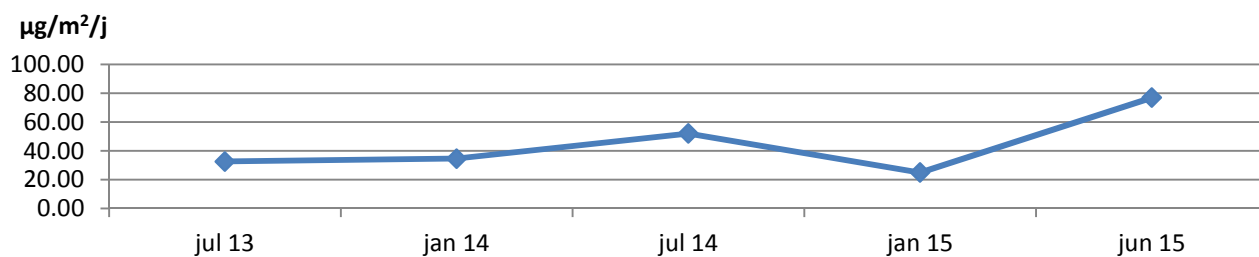
Plomb



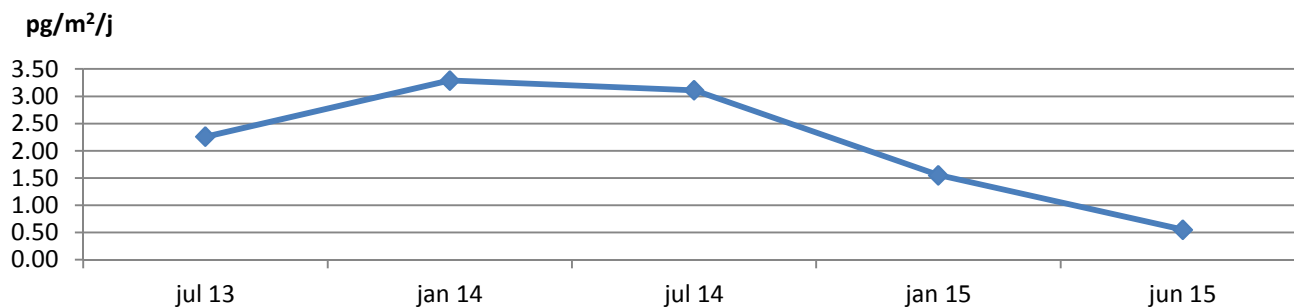
Vanadium



Zinc

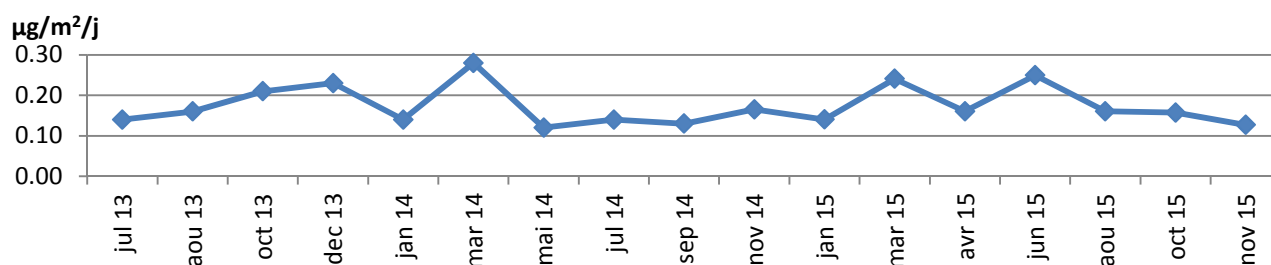


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

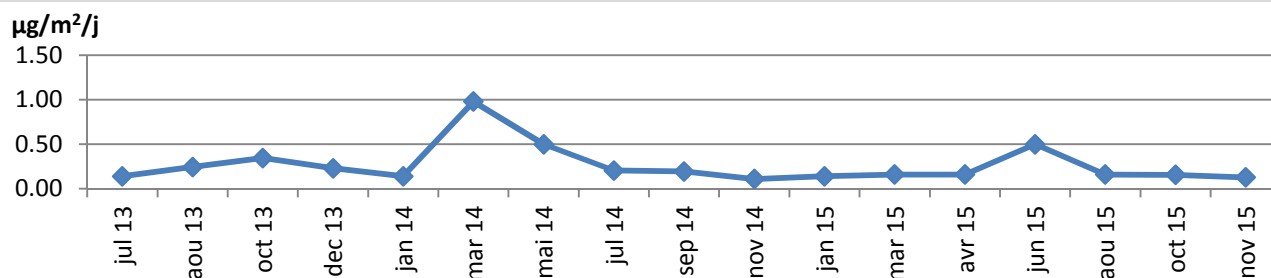


Site 8 –CHATEAU D'EAU SANDOUILLE

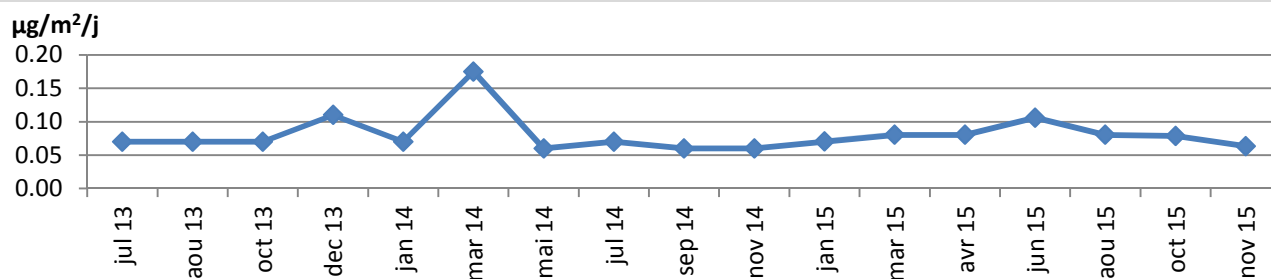
Antimoine



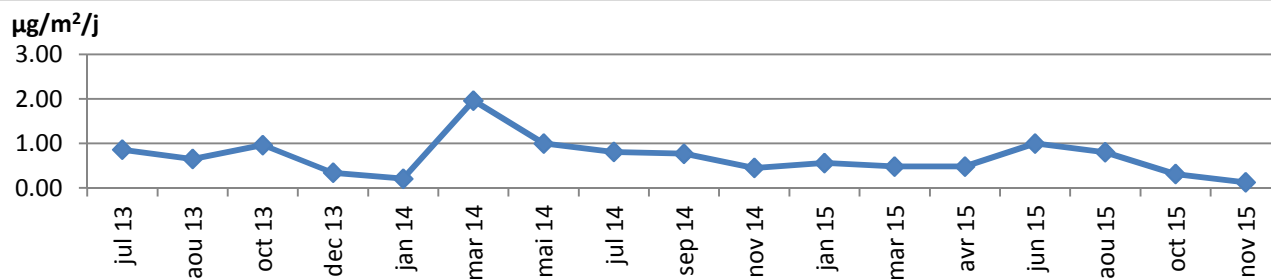
Arsenic



Cadmium

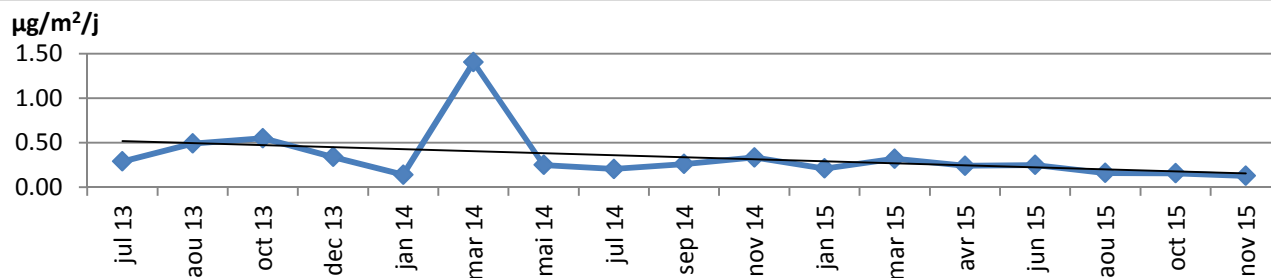


Chrome

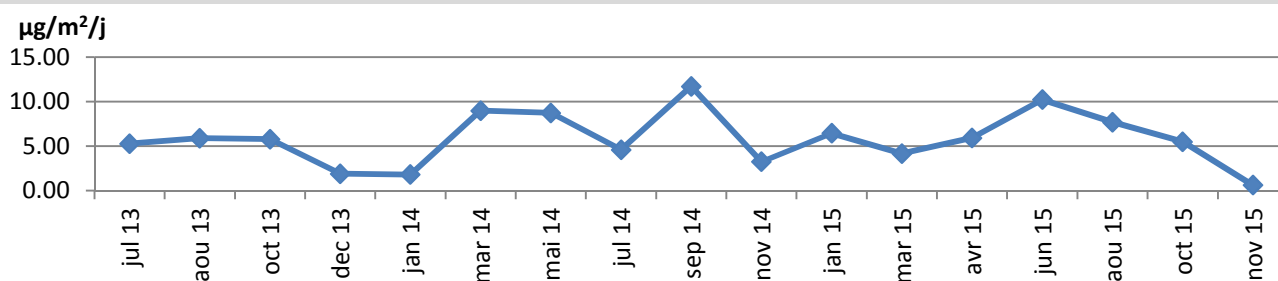


Site 8 – CHATEAU D'EAU SANDOUVILLE

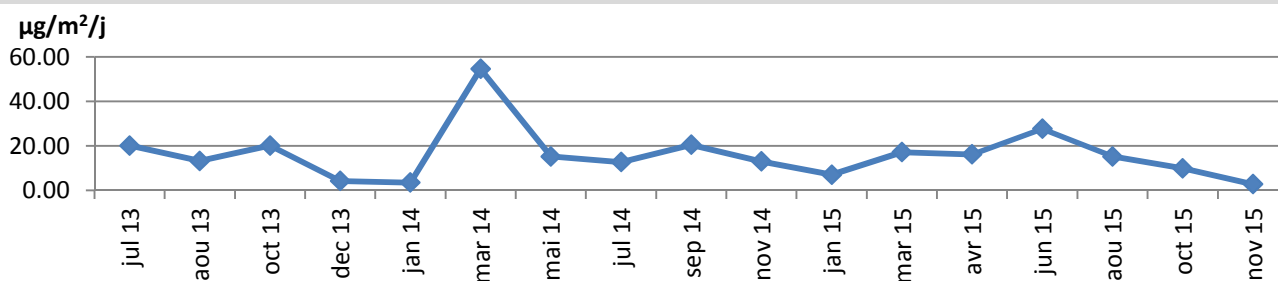
Cobalt



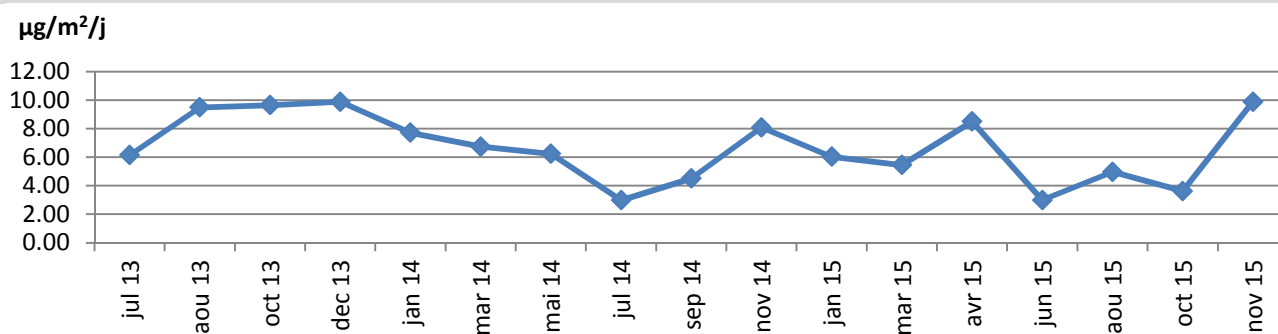
Cuivre



Manganèse

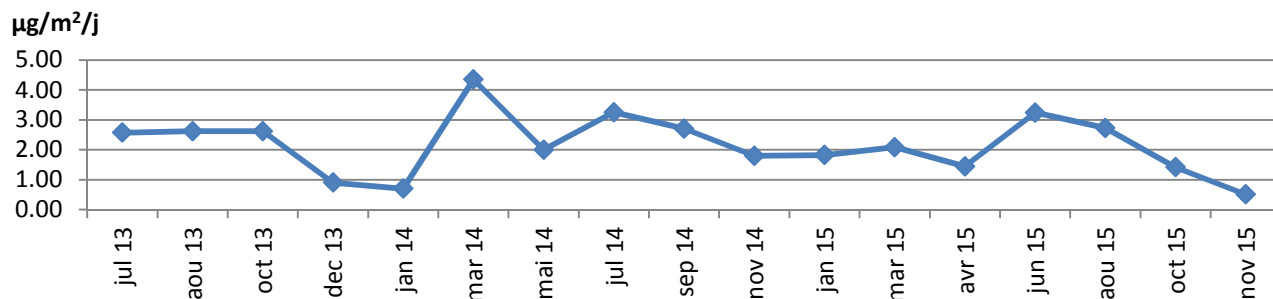


Nickel

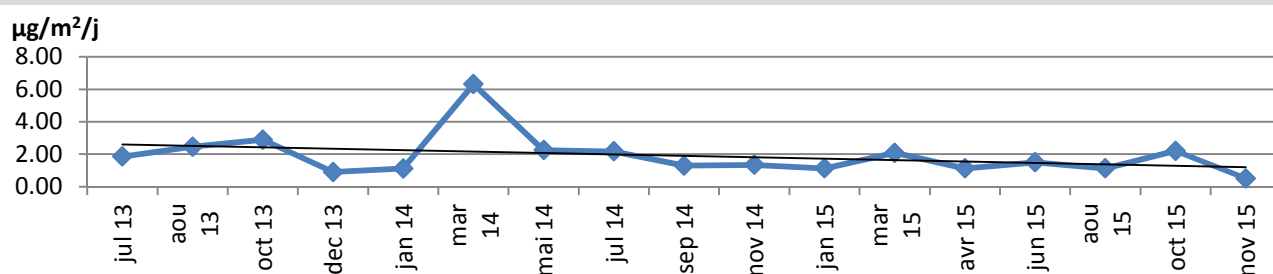


Site 8 – CHATEAU D'EAU SANDOUILLE

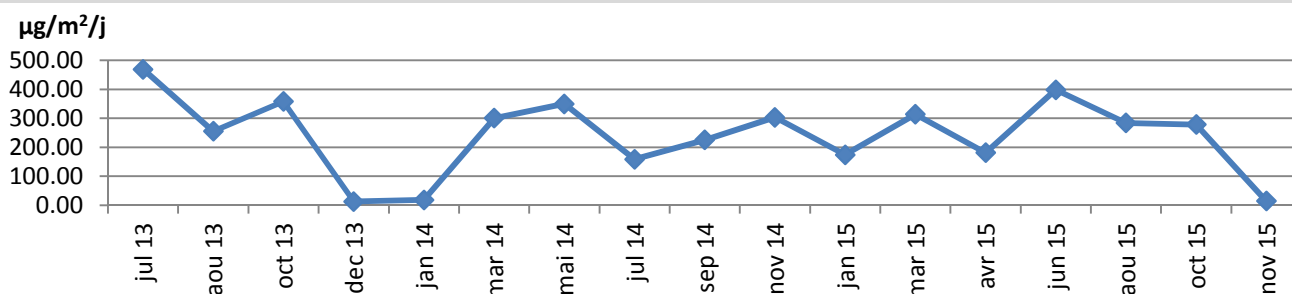
Plomb



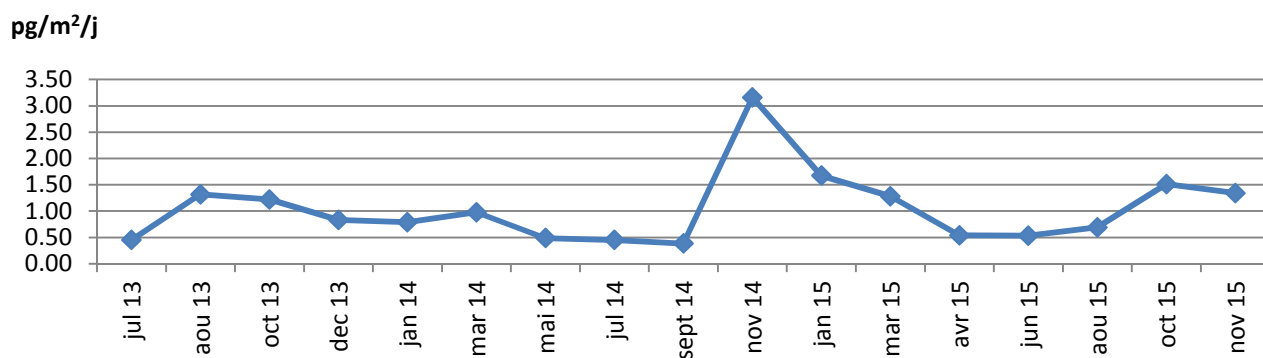
Vanadium



Zinc

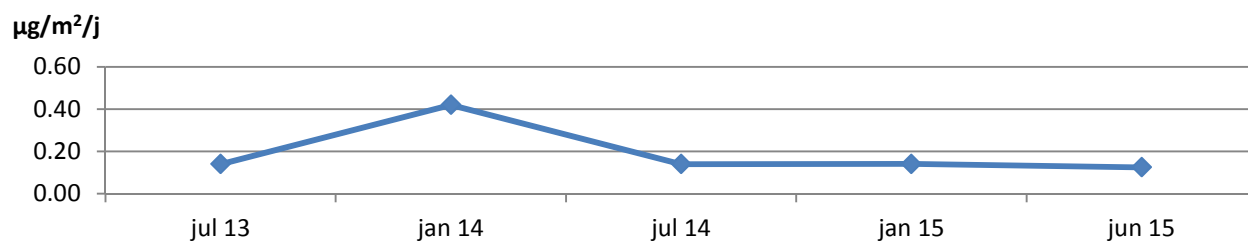


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

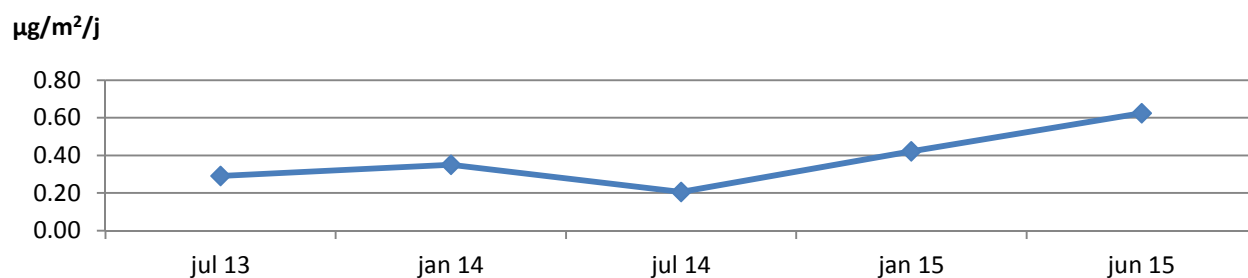


Site 9 – ATELIER COMMUNAL - SAINT VIGOR D'YMONVILLE

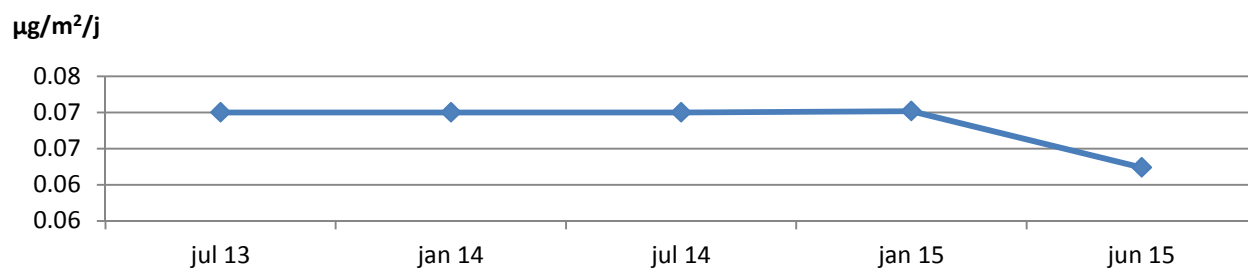
Antimoine



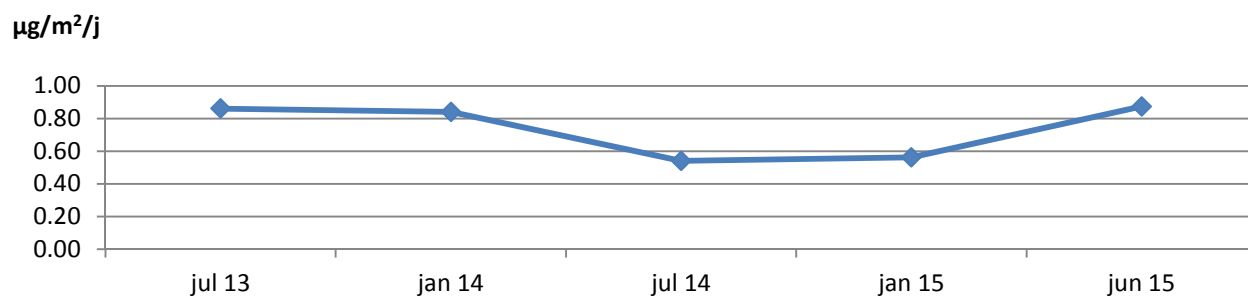
Arsenic



Cadmium

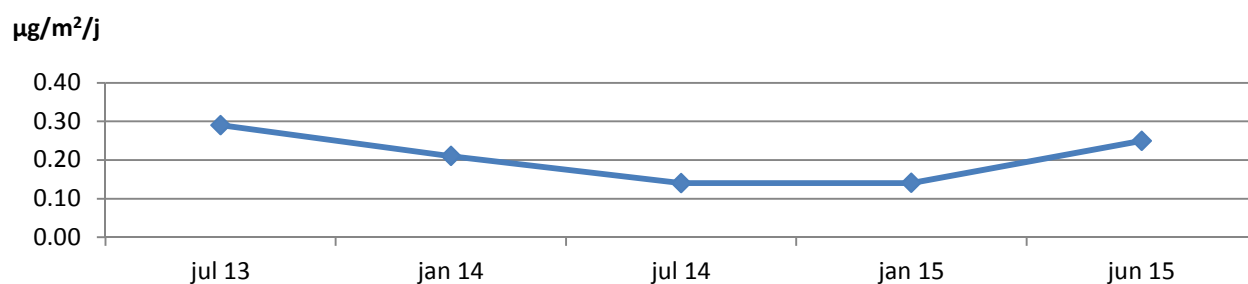


Chrome

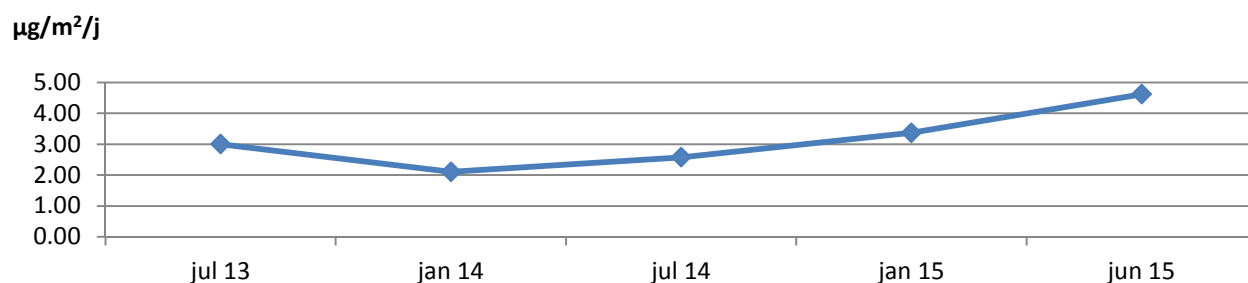


Site 9 – ATELIER COMMUNAL - SAINT VIGOR D'YMONVILLE

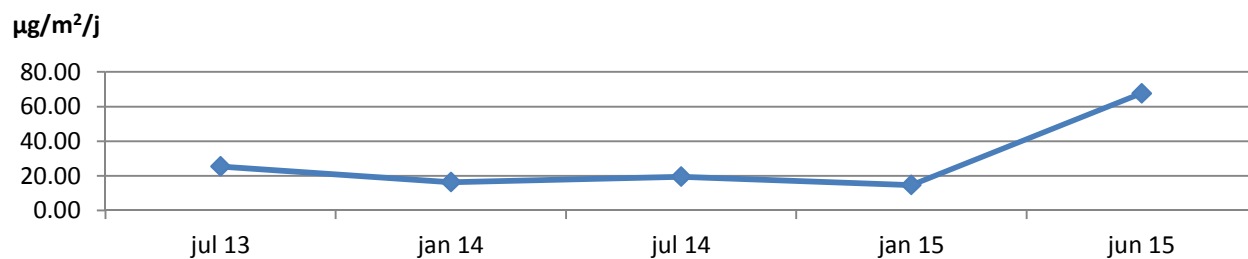
Cobalt



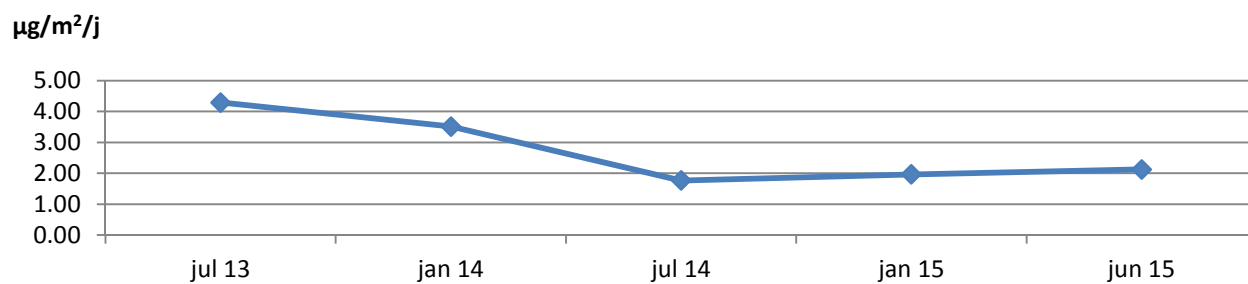
Cuivre



Manganèse

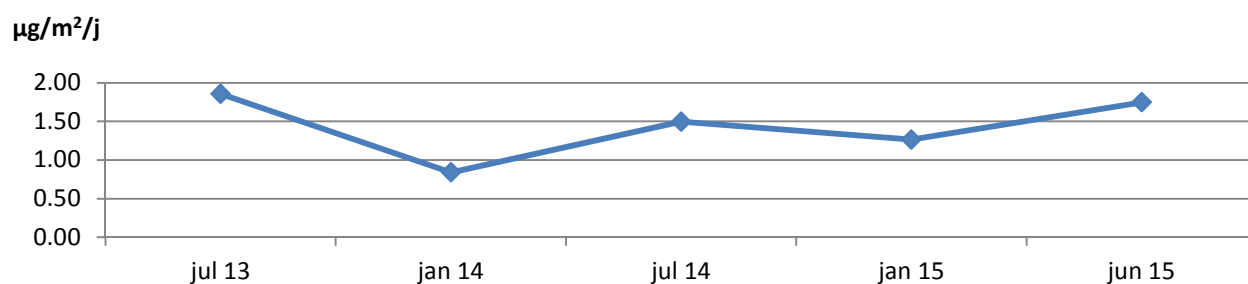


Nickel

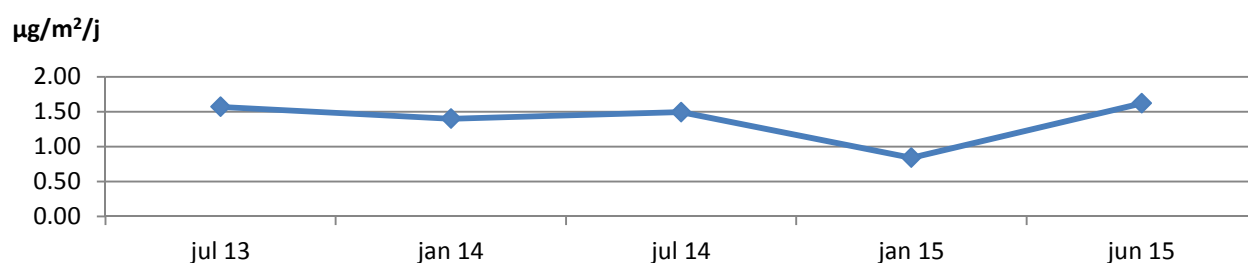


Site 9 – ATELIER COMMUNAL - SAINT VIGOR D'YMONVILLE

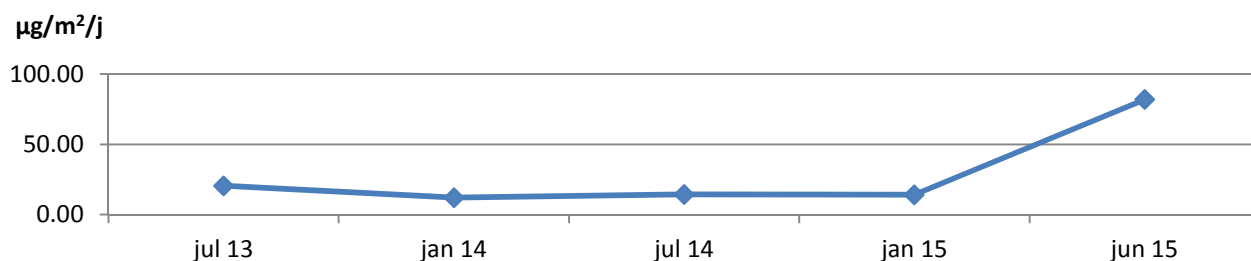
Plomb



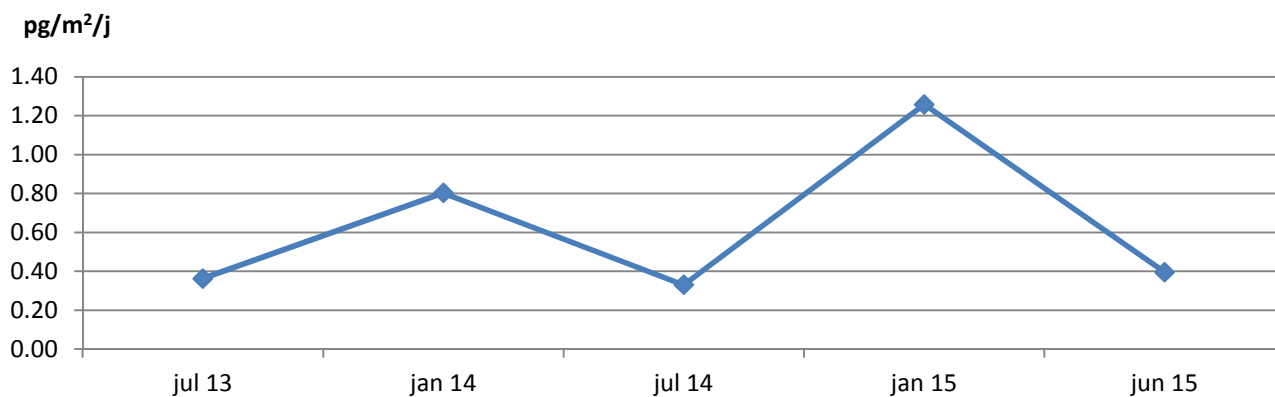
Vanadium



Zinc



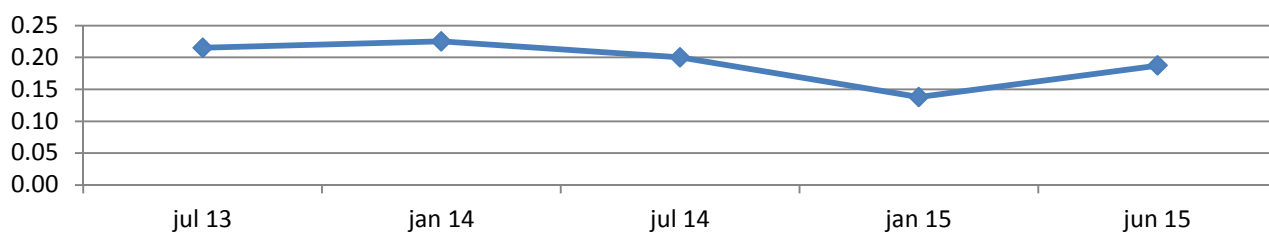
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



Site 10 – ETANG DE LA VALLEE OUDALLE

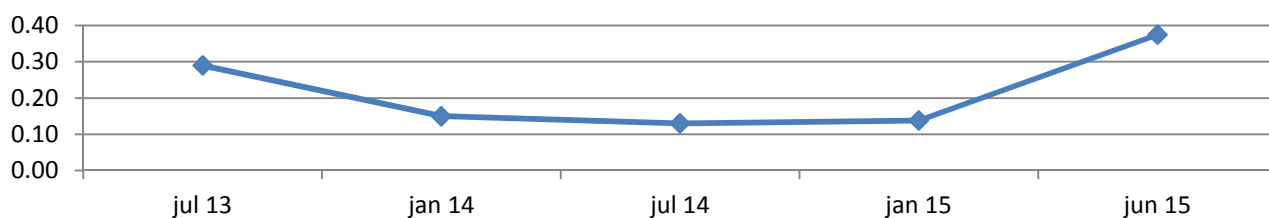
Antimoine

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



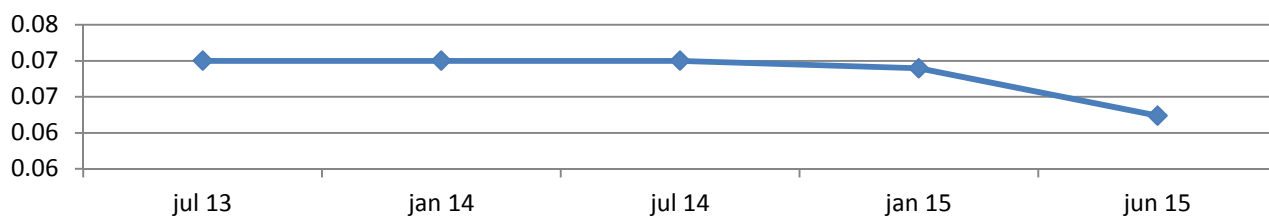
Arsenic

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



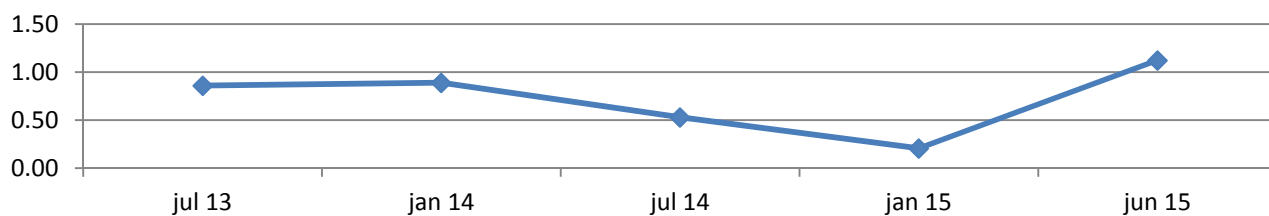
Cadmium

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



Chrome

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$

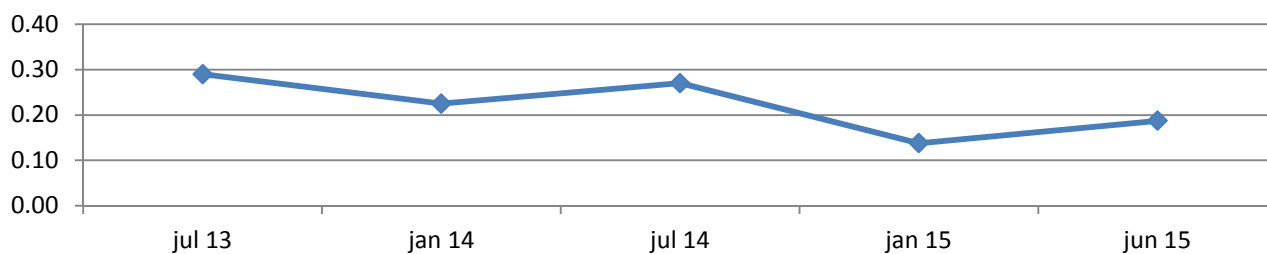


Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 10 – ETANG DE LA VALLEE OUDALLE

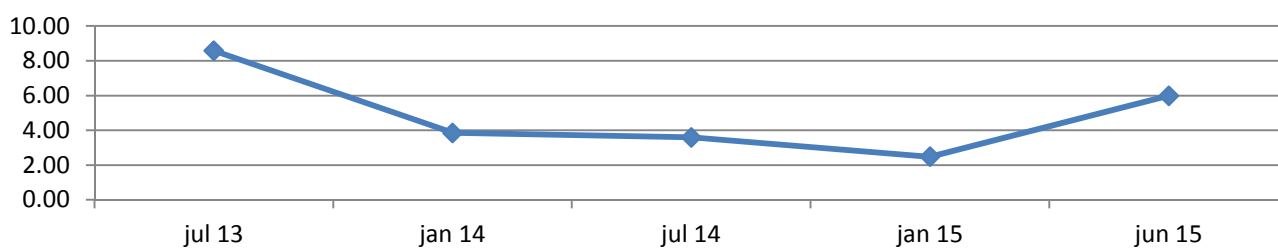
Cobalt

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



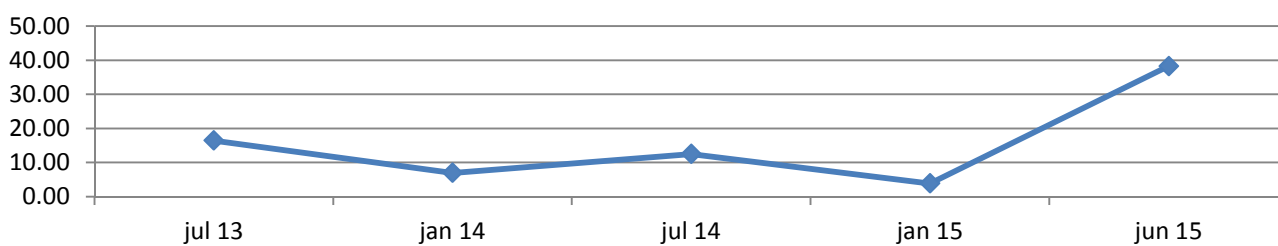
Cuivre

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



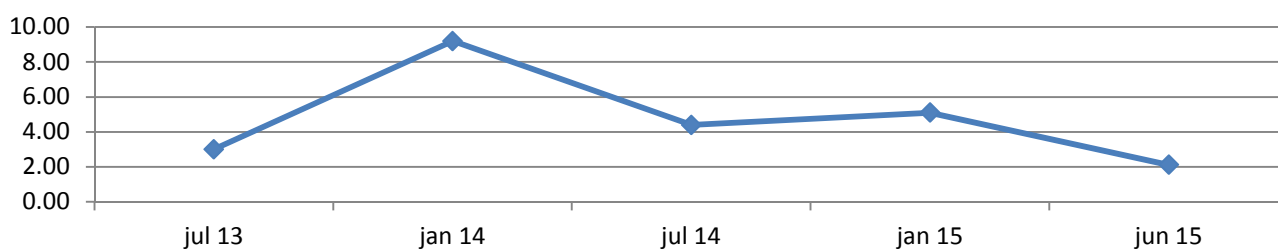
Manganèse

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



Nickel

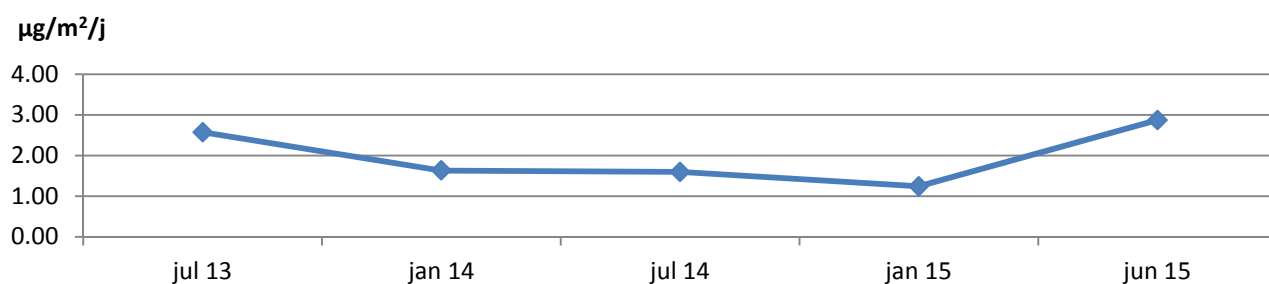
$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



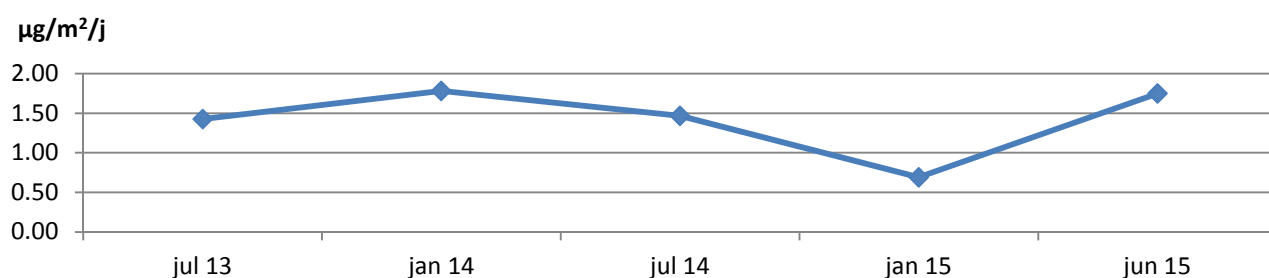
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 10 – ETANG DE LA VALLEE OUDALLE

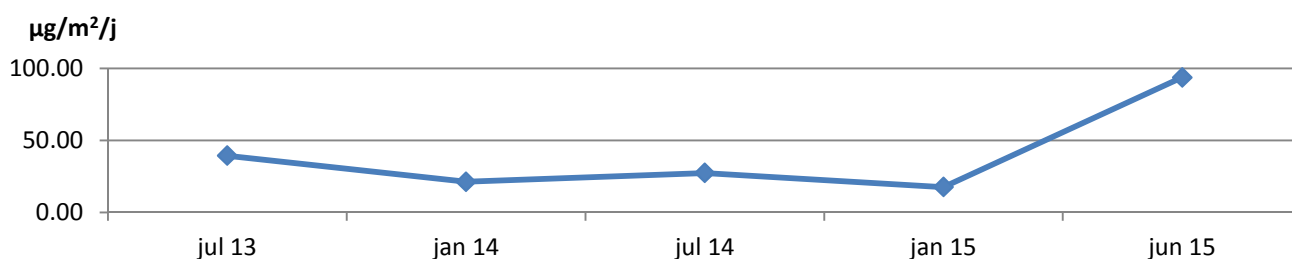
Plomb



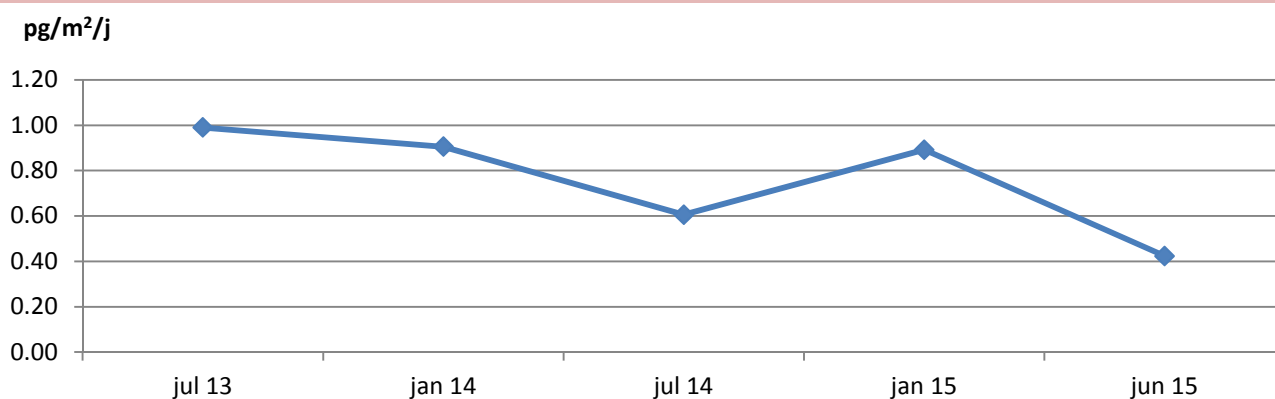
Vanadium



Zinc

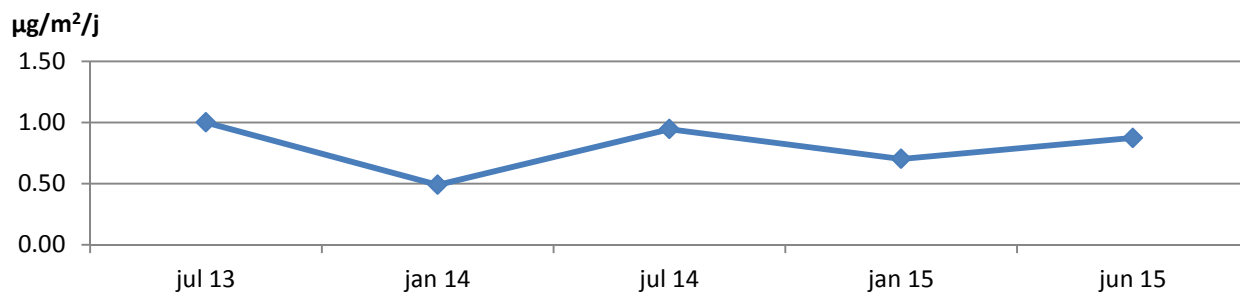


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

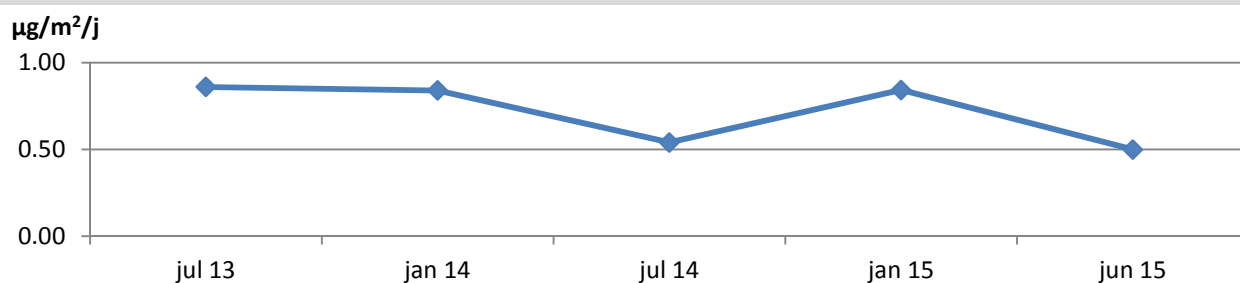


Site 11 – RESTAURANT GABION D'OR

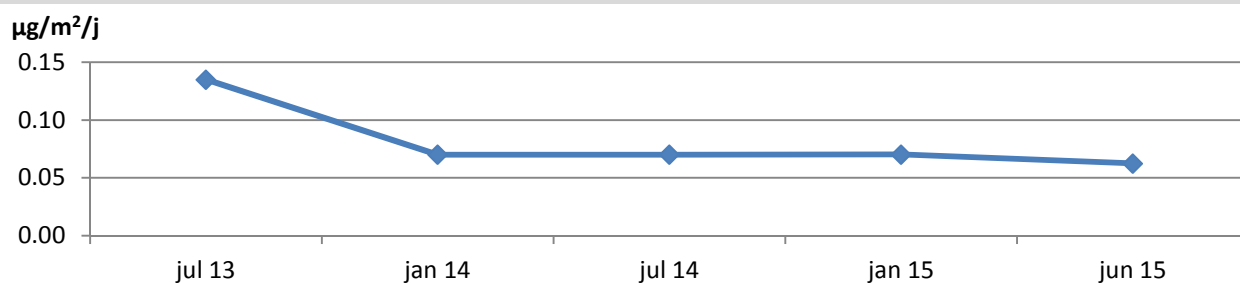
Antimoine



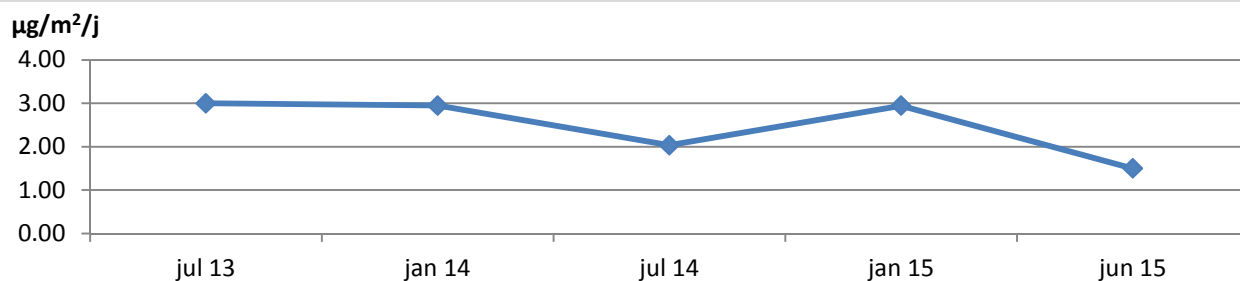
Arsenic



Cadmium

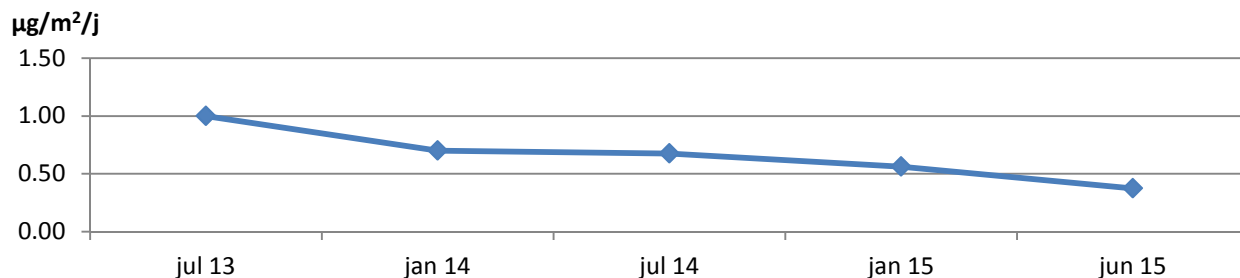


Chrome

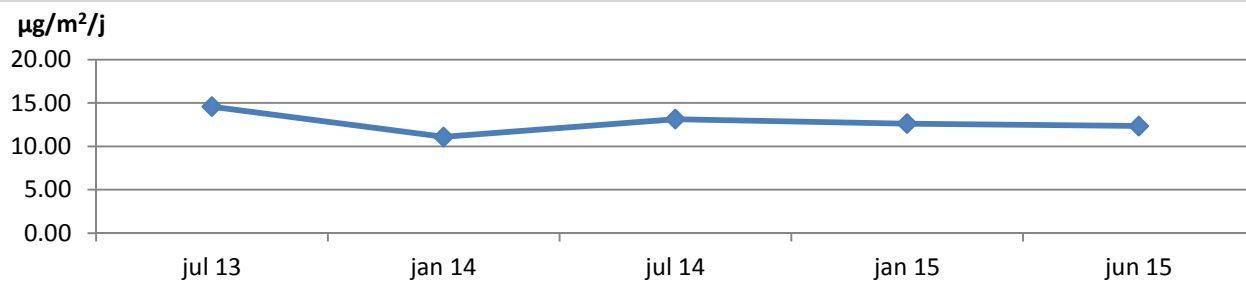


Site 11 – RESTAURANT GABION D'OR

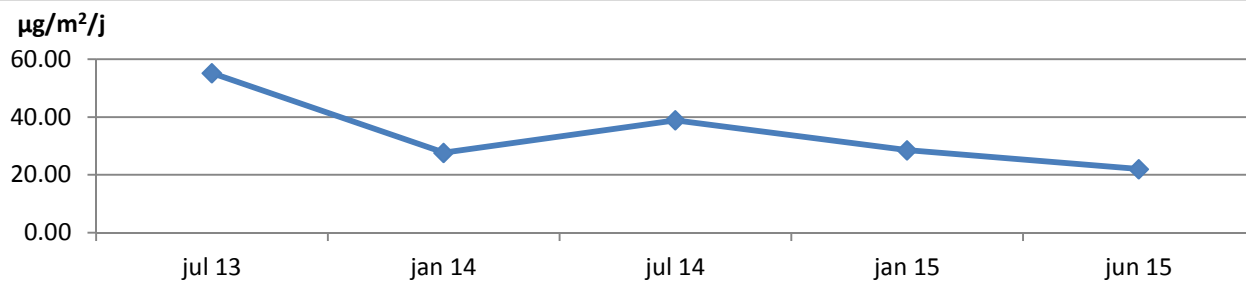
Cobalt



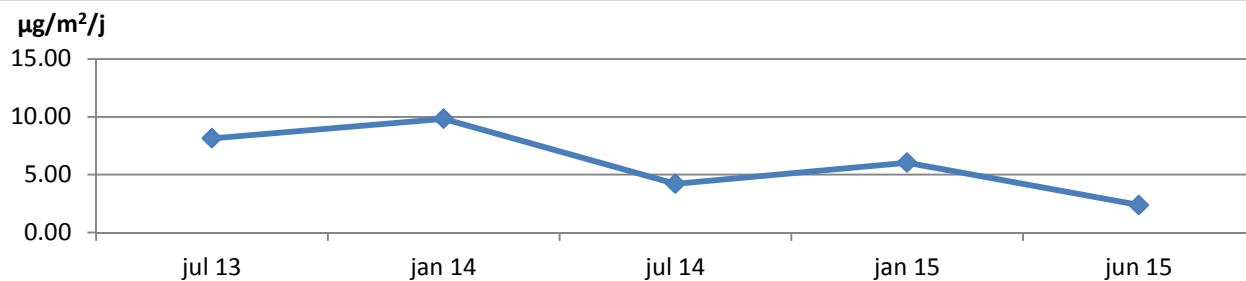
Cuivre



Manganèse



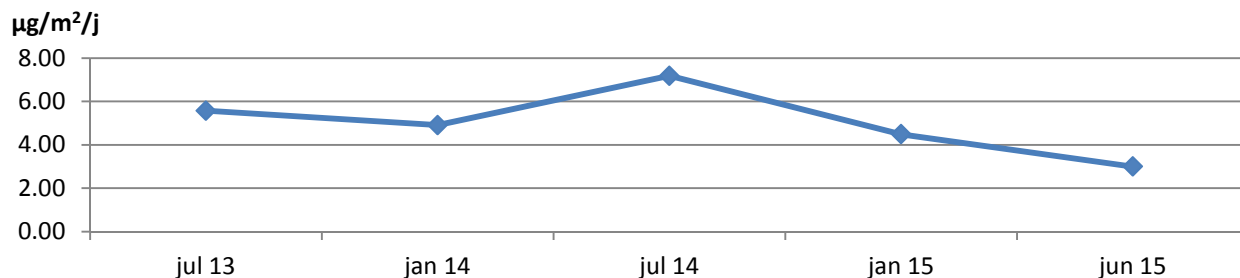
Nickel



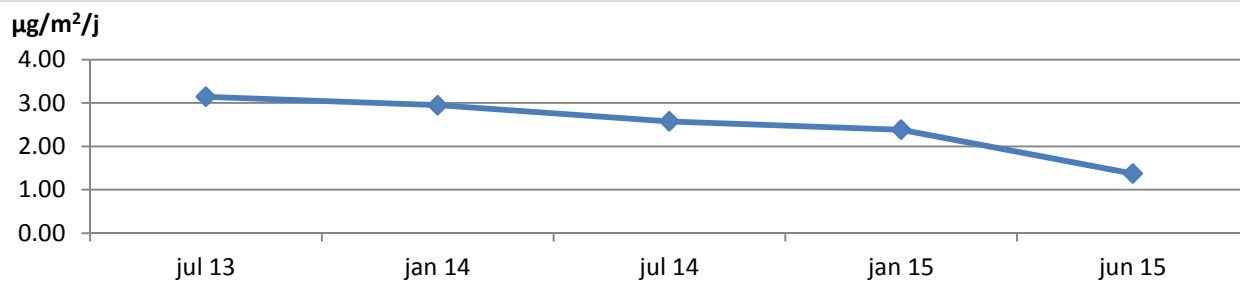
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 11 – RESTAURANT GABION D'OR

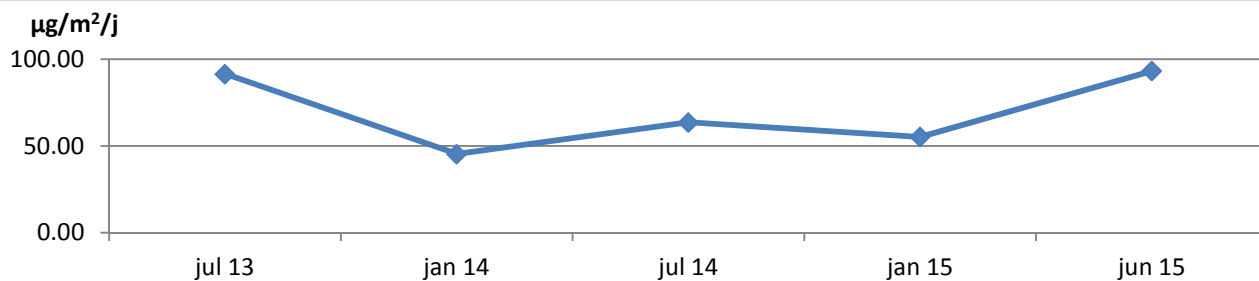
Plomb



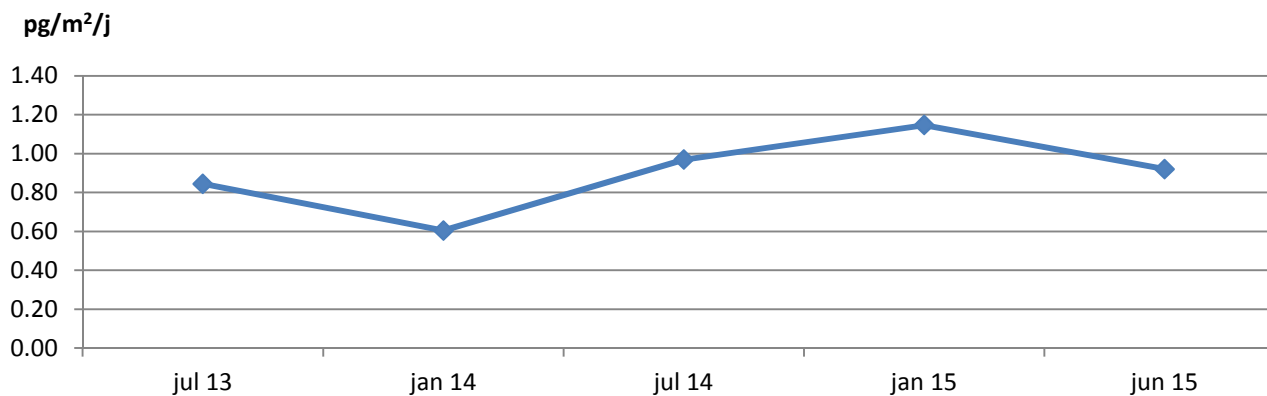
Vanadium



Zinc



Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

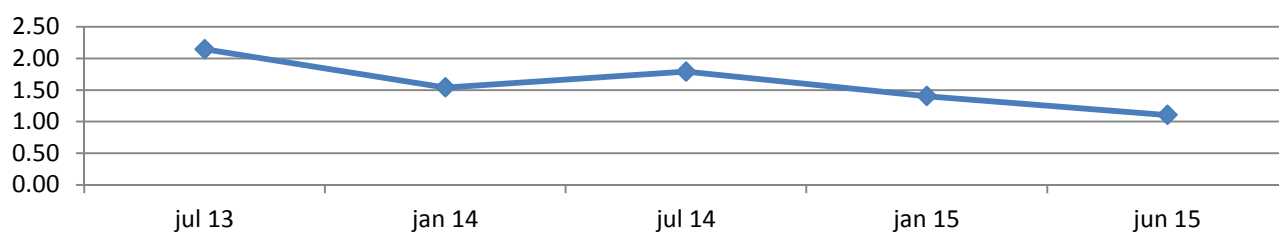


Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 12 – APAVE SANDOUVILLE

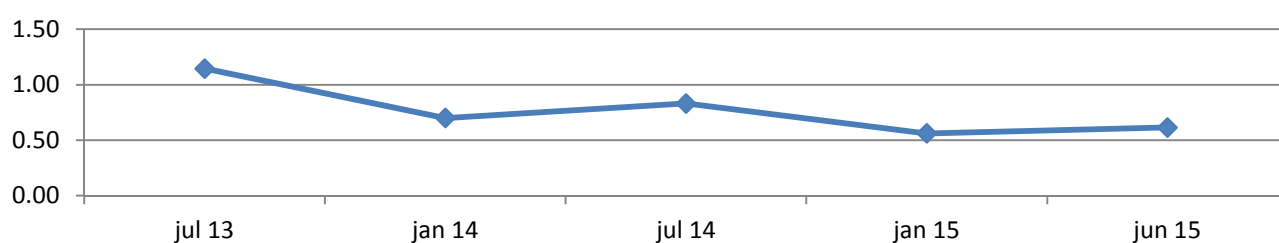
Antimoine

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



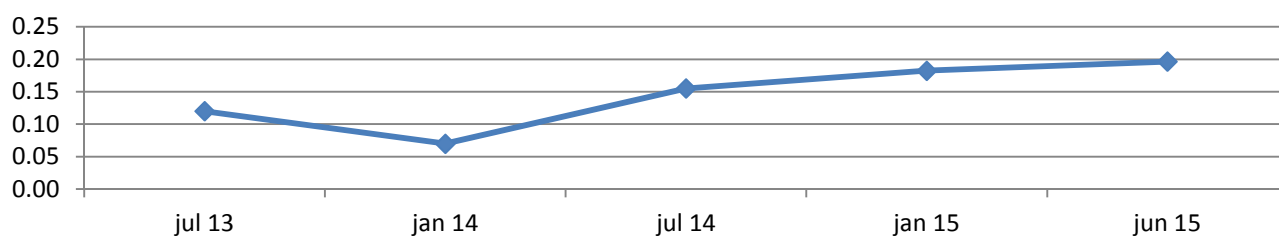
Arsenic

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



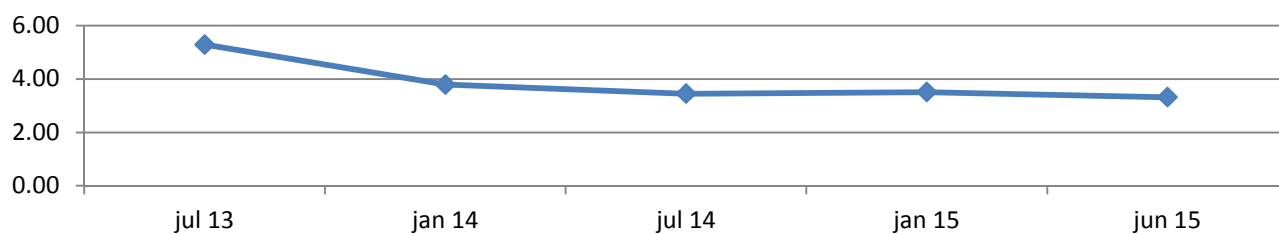
Cadmium

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



Chrome

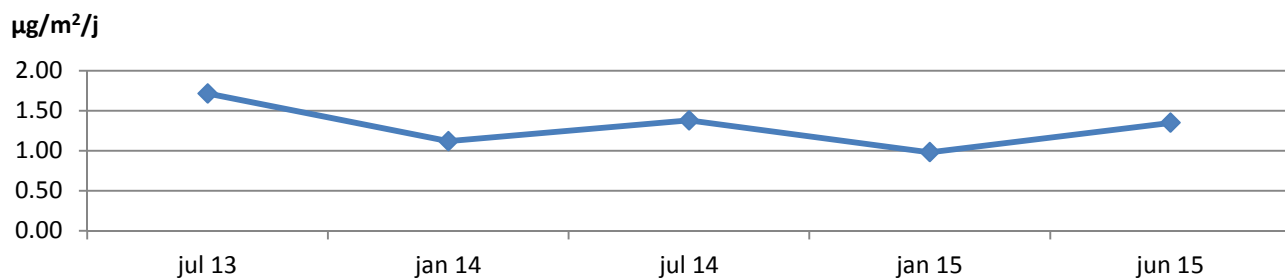
$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



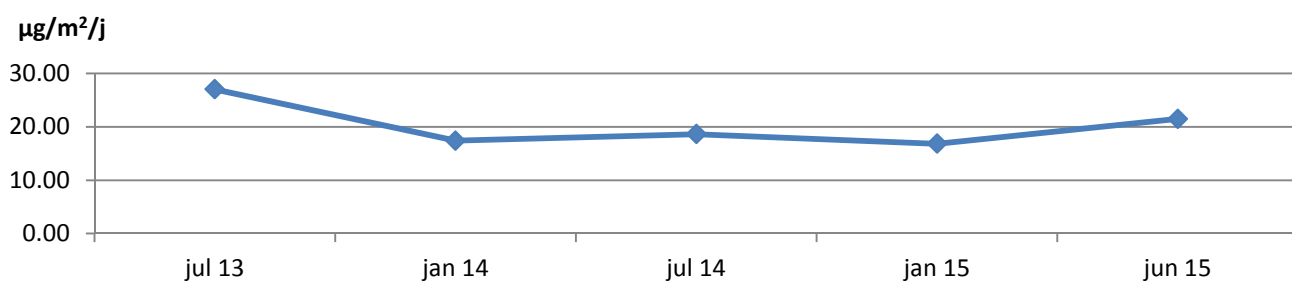
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 12 – APAVE SANDOUVILLE

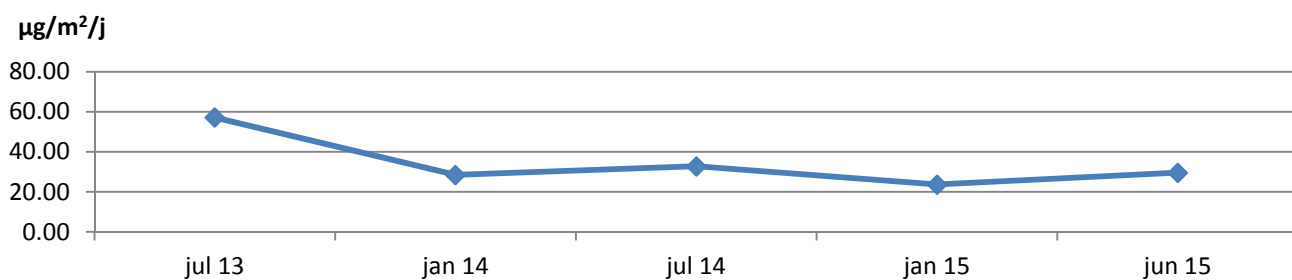
Cobalt



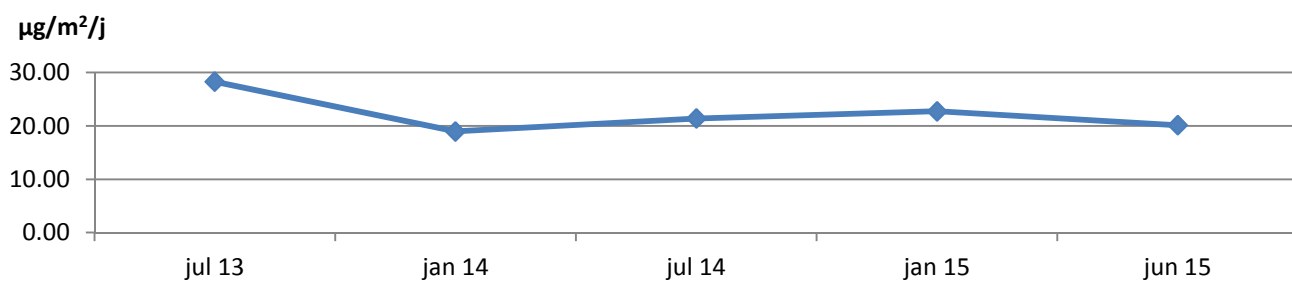
Cuivre



Manganèse



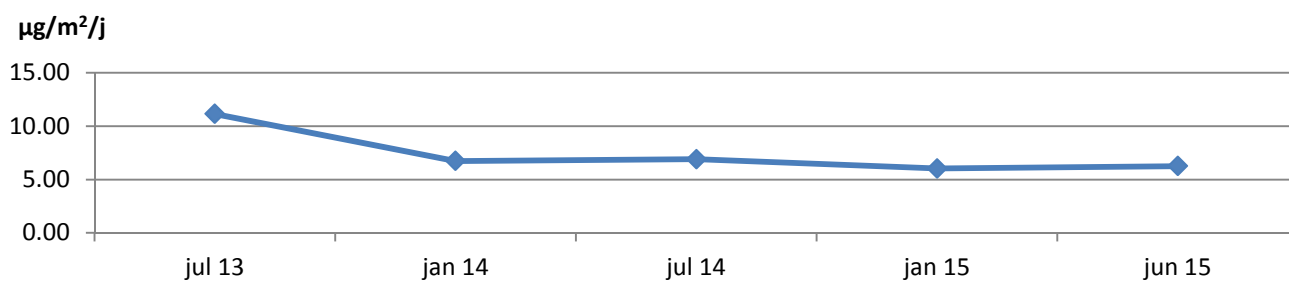
Nickel



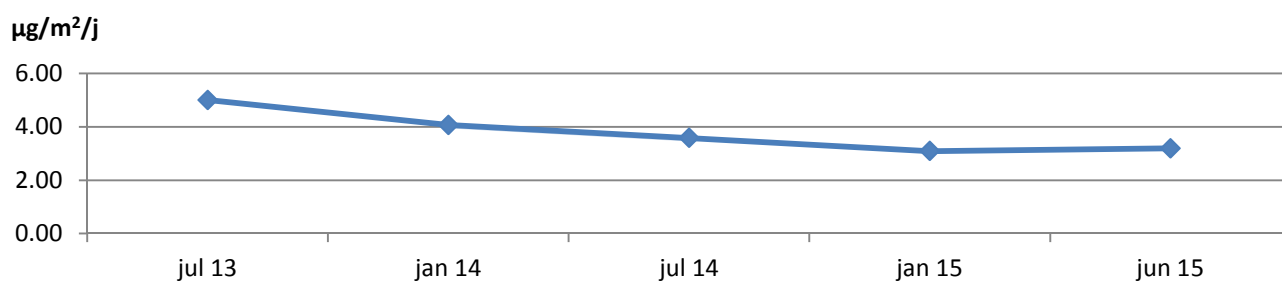
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 12 – APAVE SANDOUVILLE

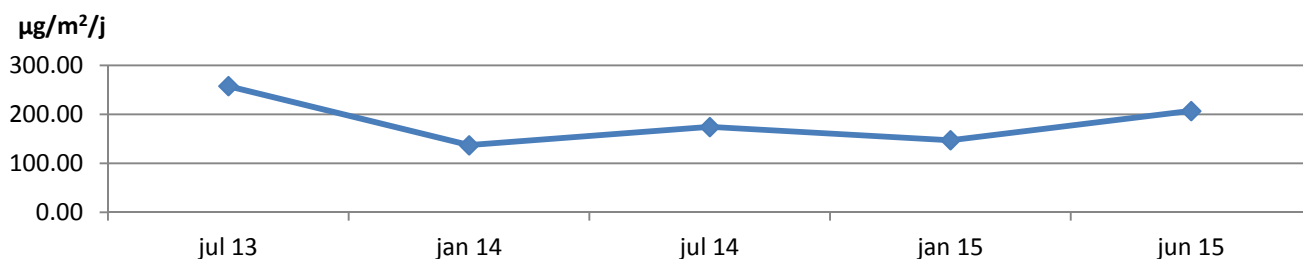
Plomb



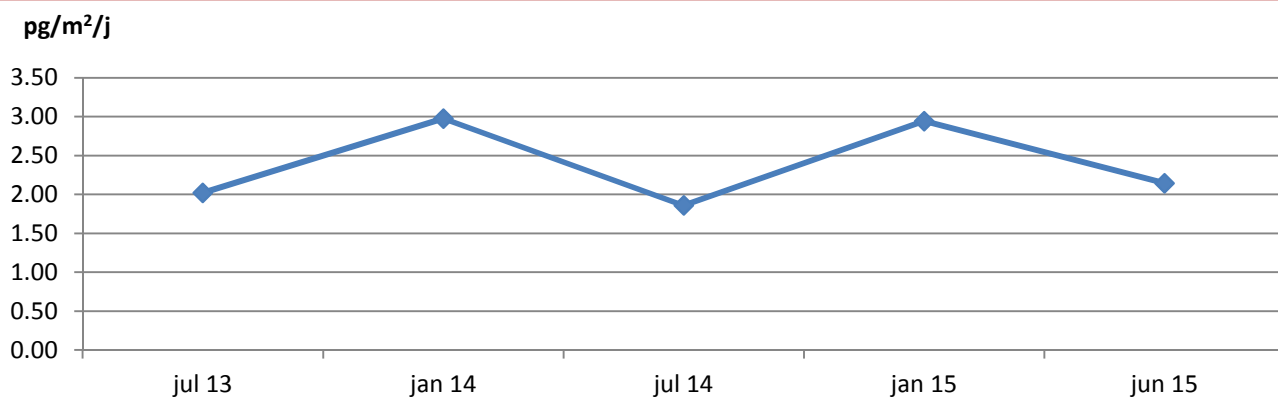
Vanadium



Zinc



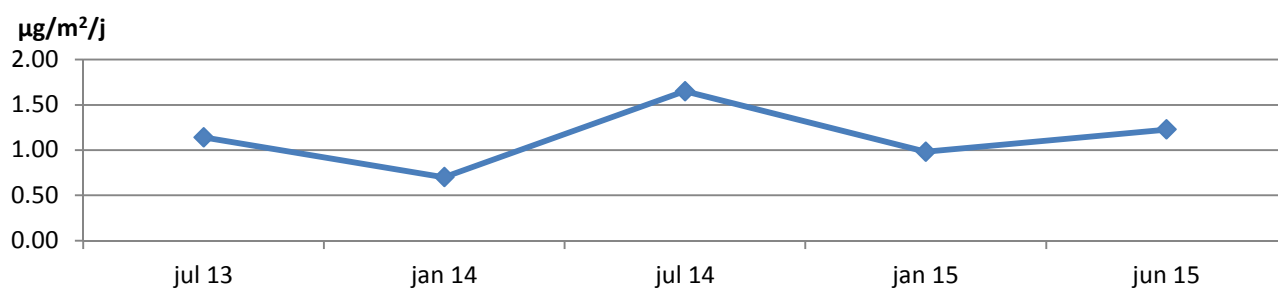
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



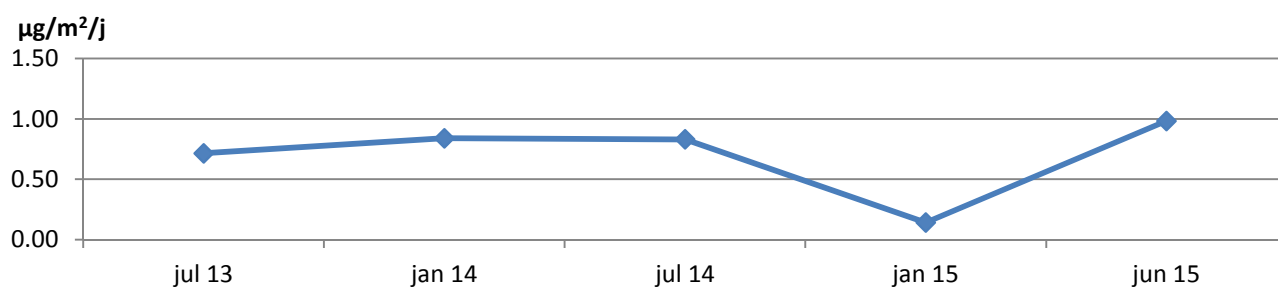
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 13 – XP LOG

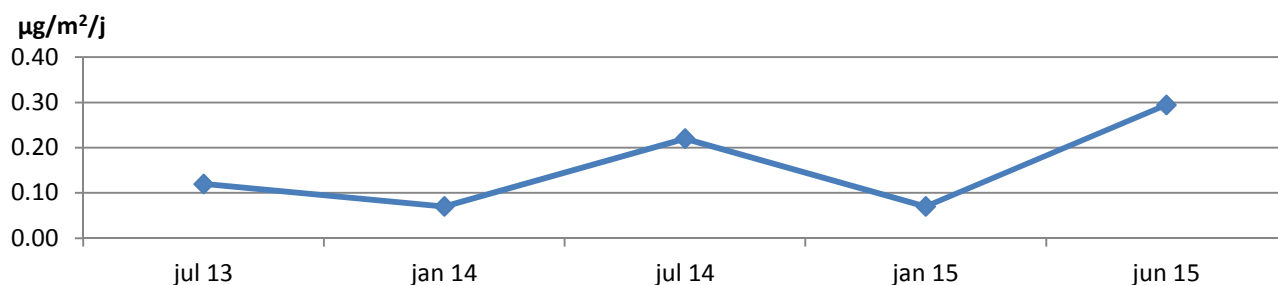
Antimoine



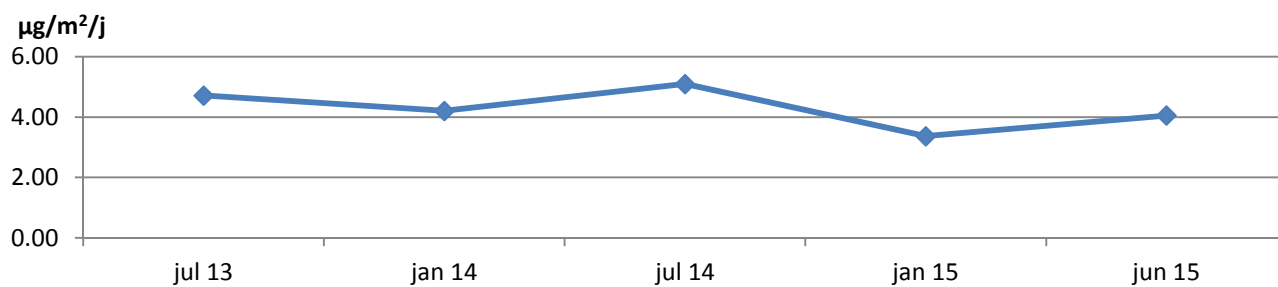
Arsenic



Cadmium



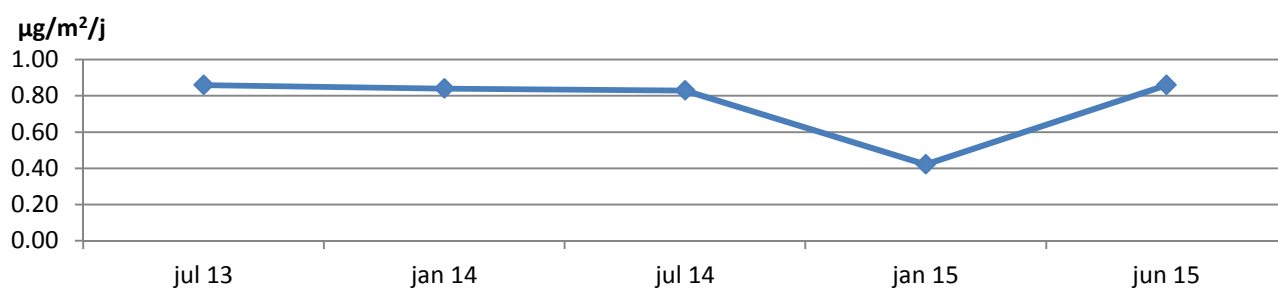
Chrome



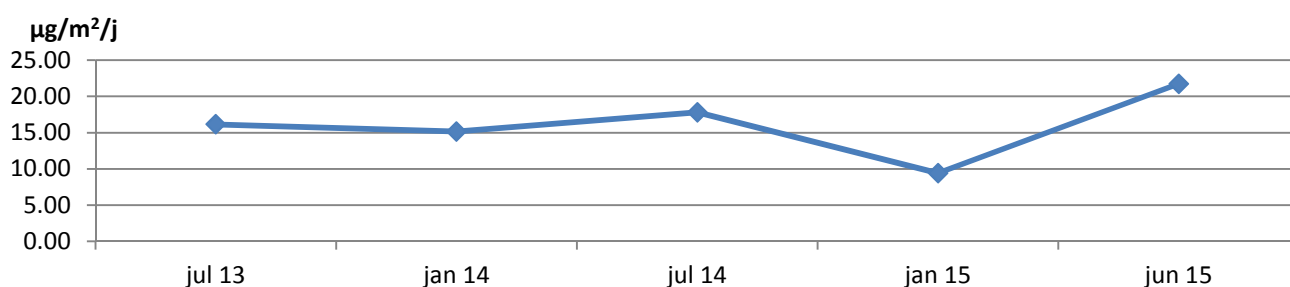
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 13 – XP LOG

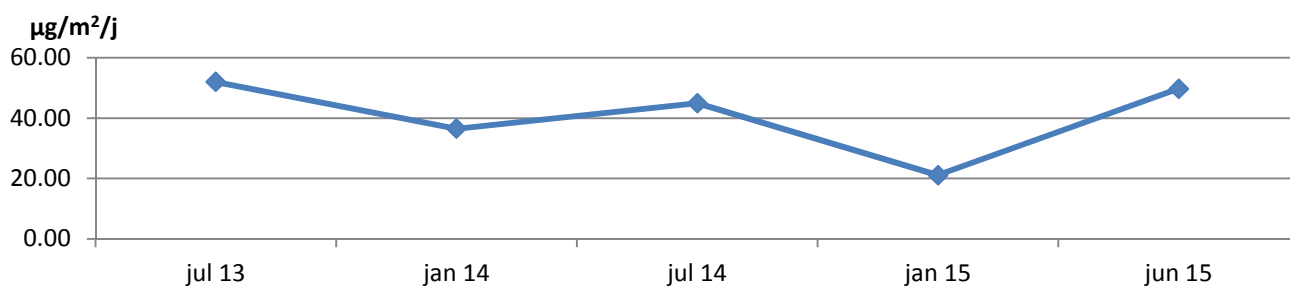
Cobalt



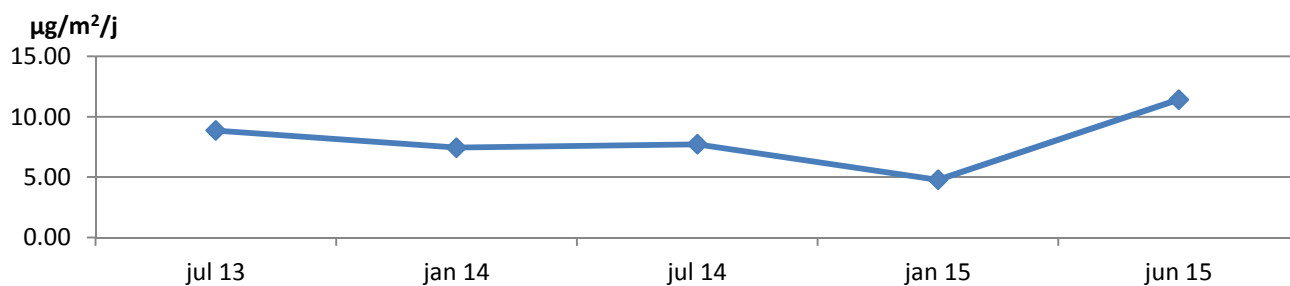
Cuivre



Manganèse



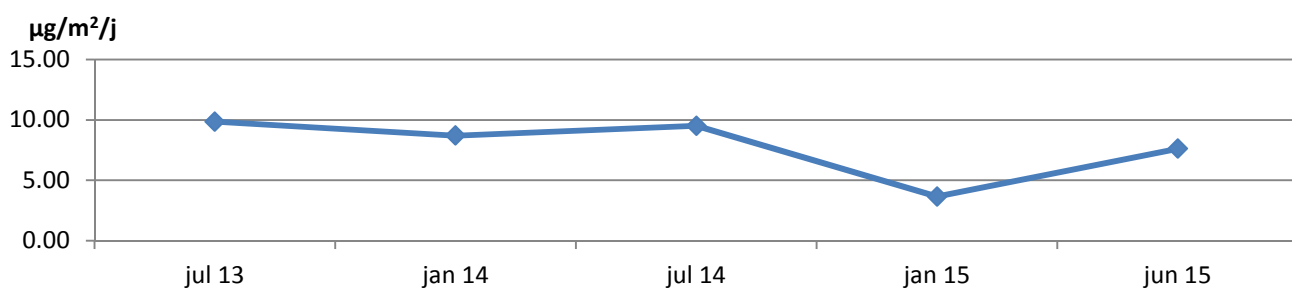
Nickel



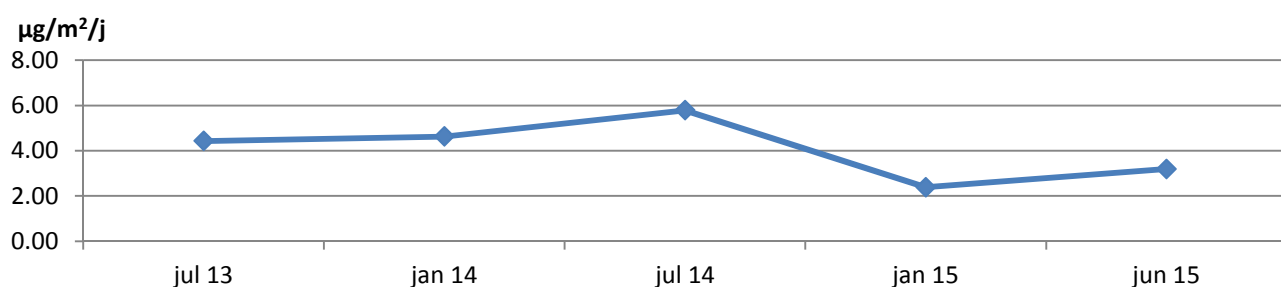
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 13 – XP LOG

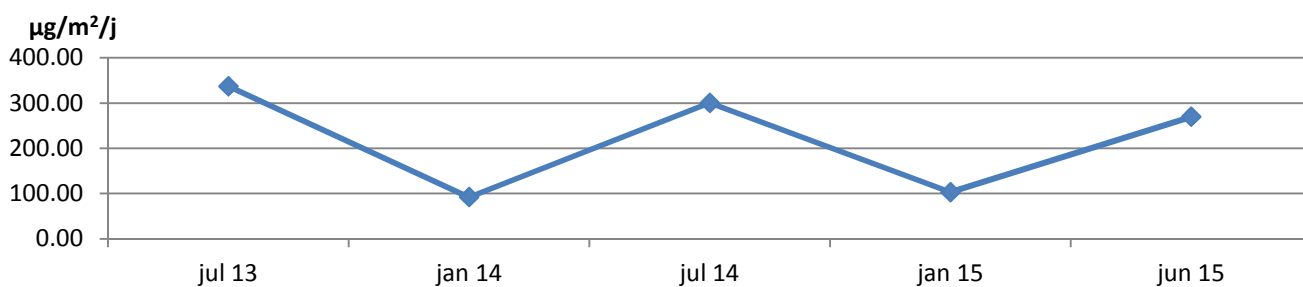
Plomb



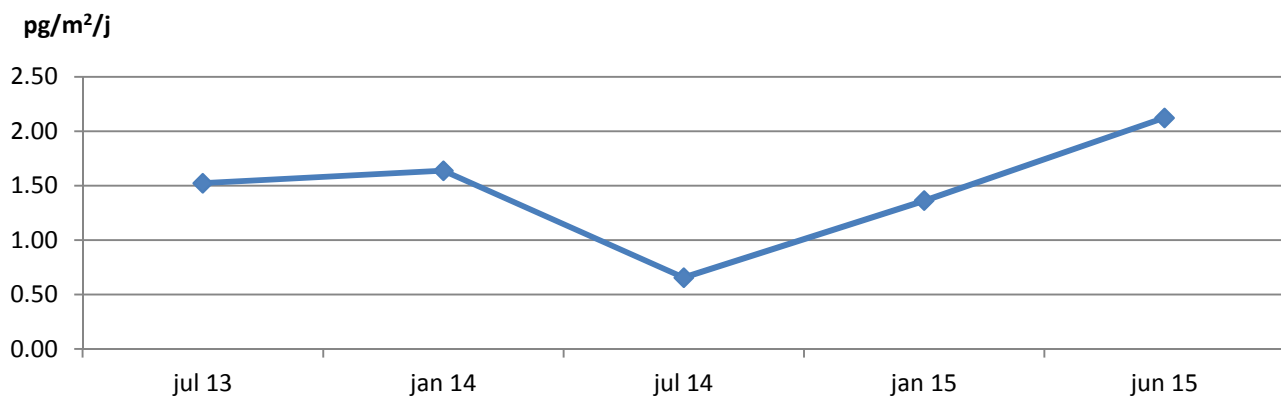
Vanadium



Zinc

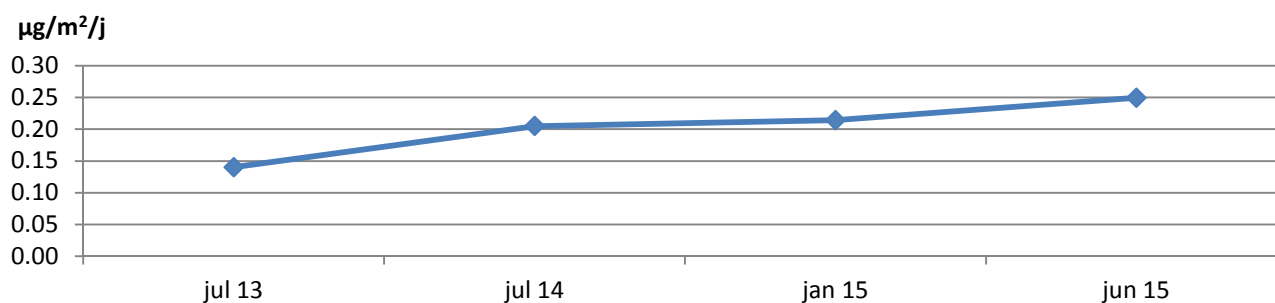


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

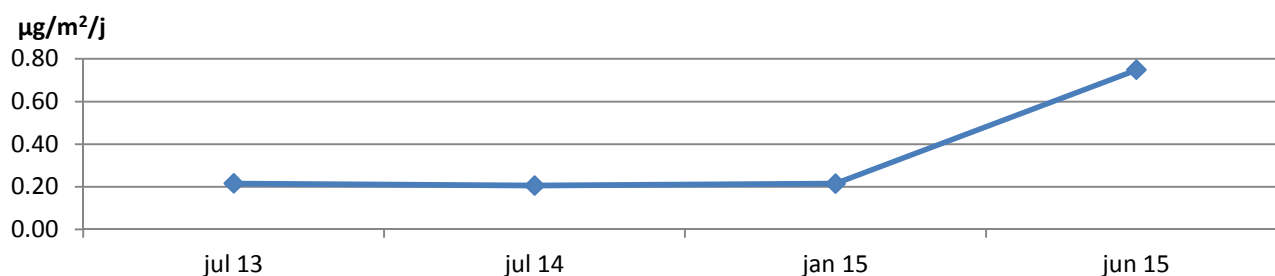


Site 14 – BAC D'OULDALLE

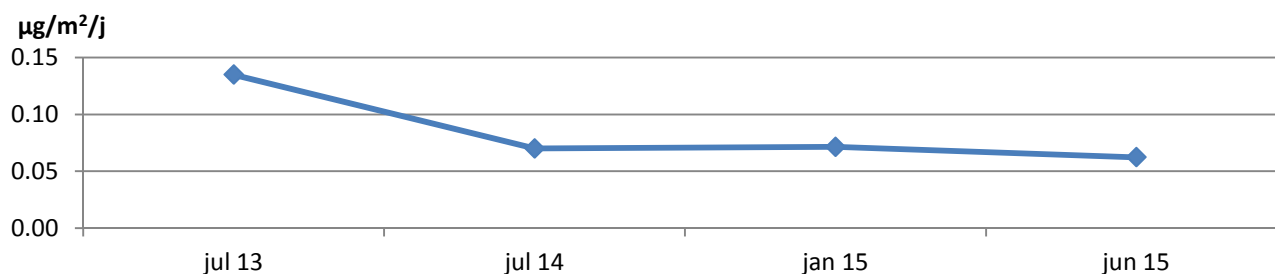
Antimoine



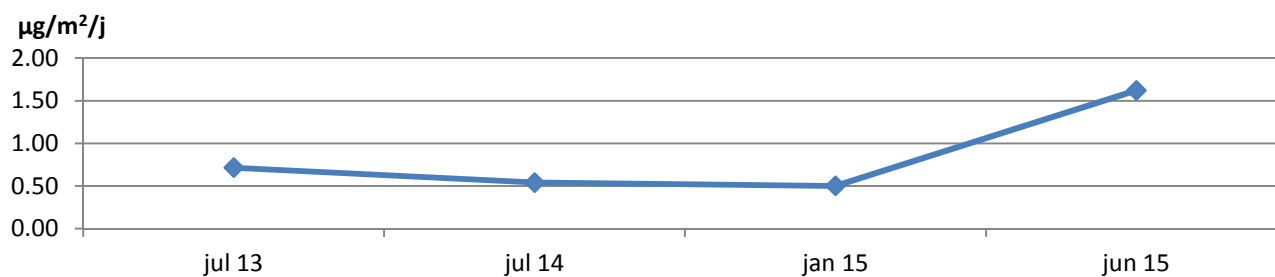
Arsenic



Cadmium

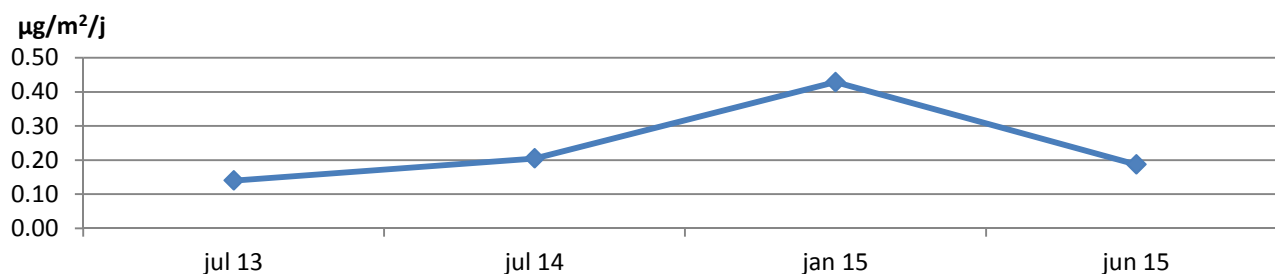


Chrome

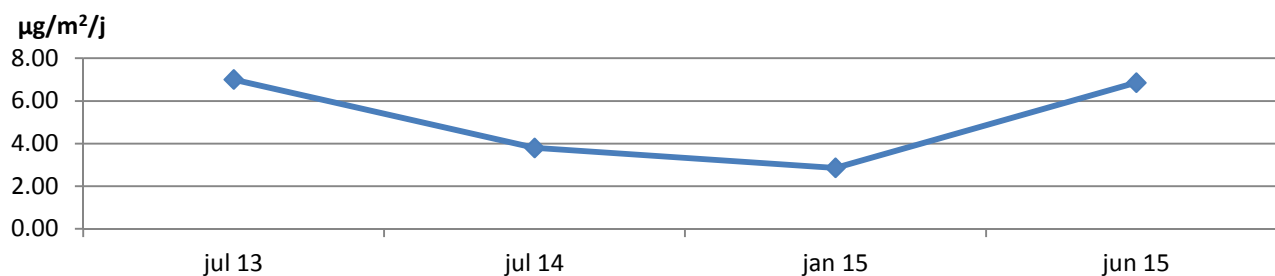


Site 14 – BAC D'OULDALLE

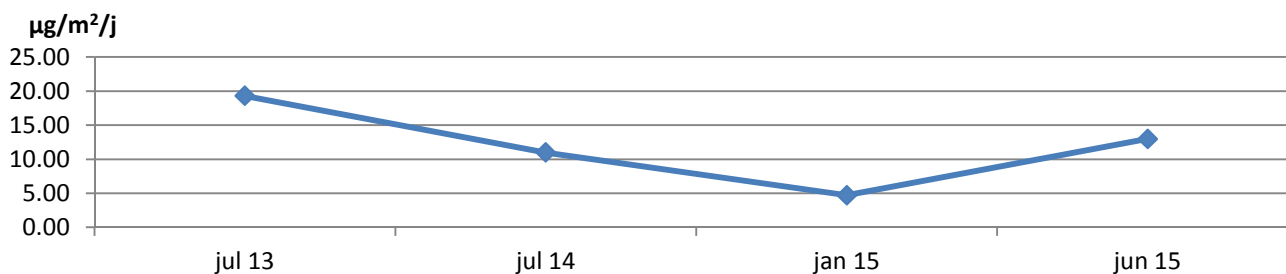
Cobalt



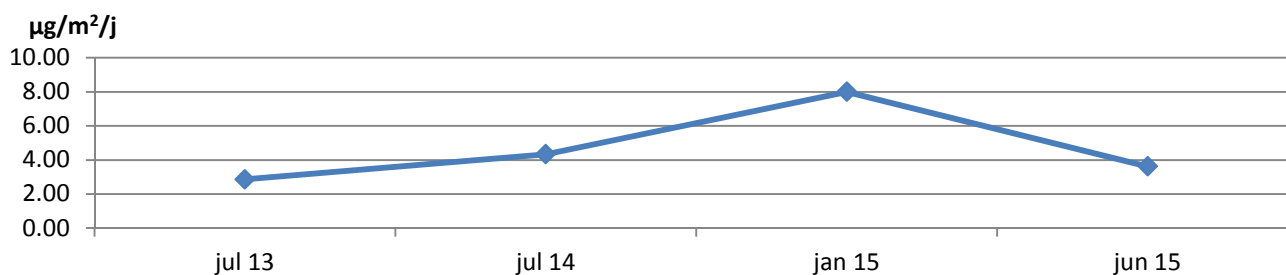
Cuivre



Manganèse

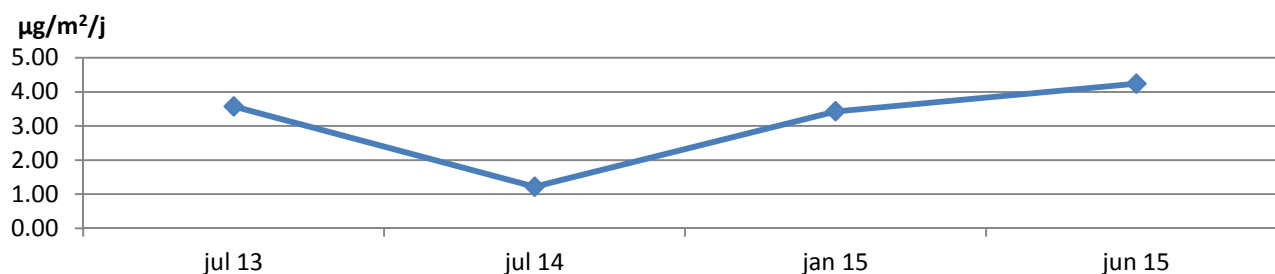


Nickel

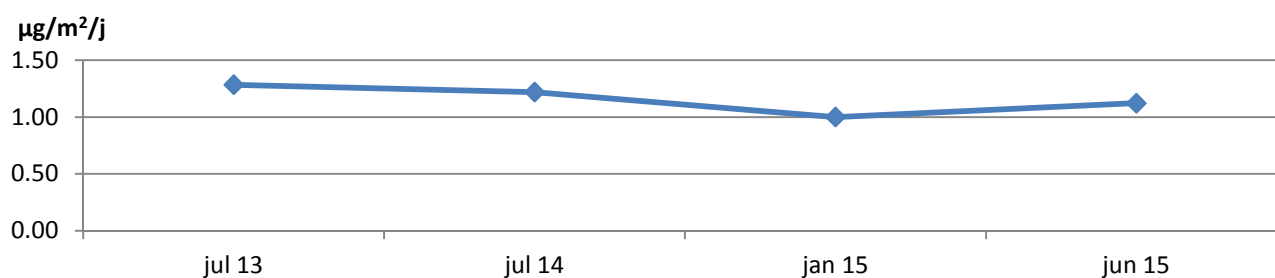


Site 14 – BAC D'OULDALLE

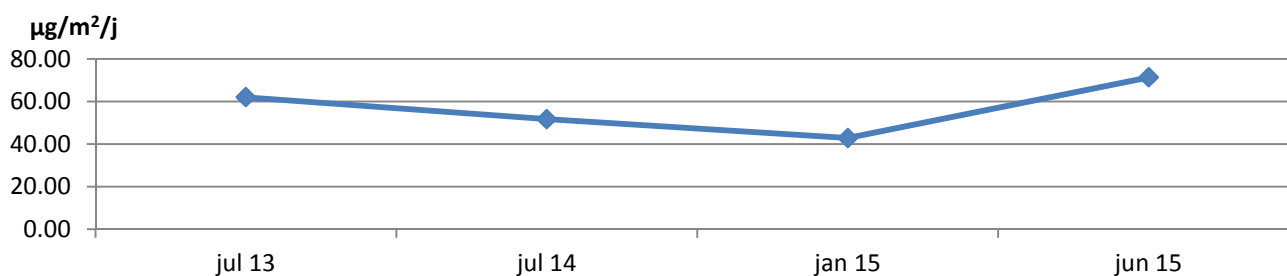
Plomb



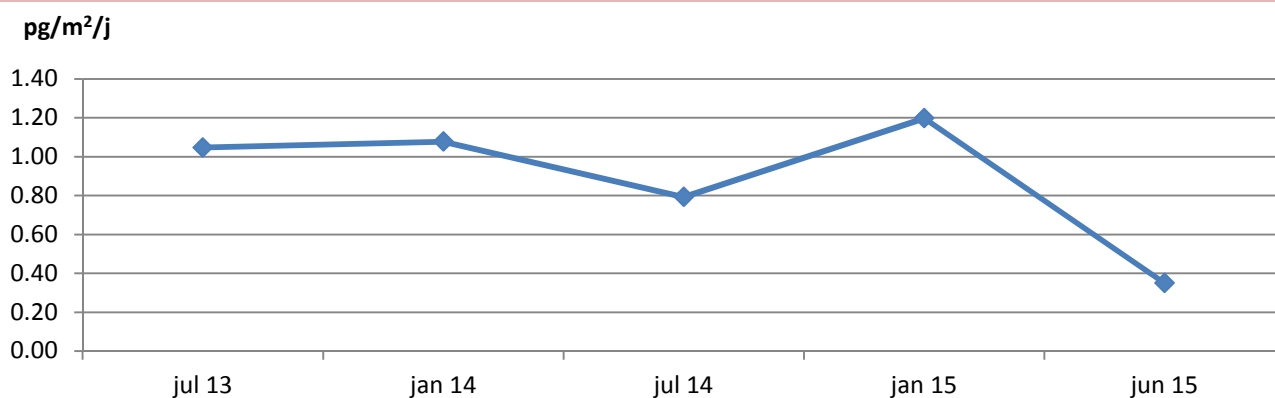
Vanadium



Zinc



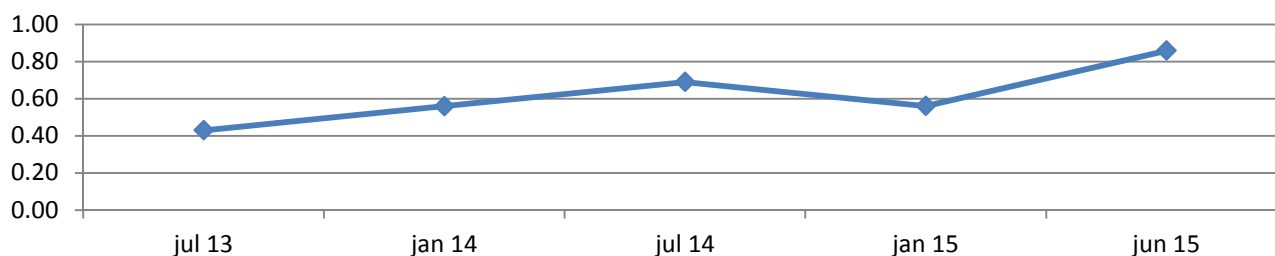
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



Site 15 – SDV OUDALLE

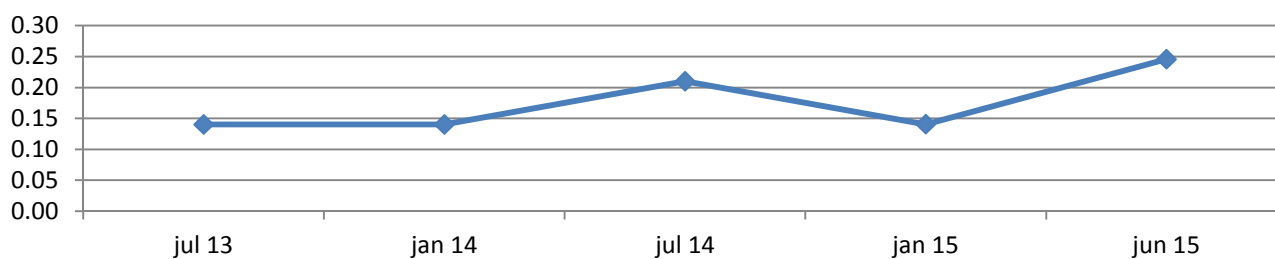
Antimoine

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



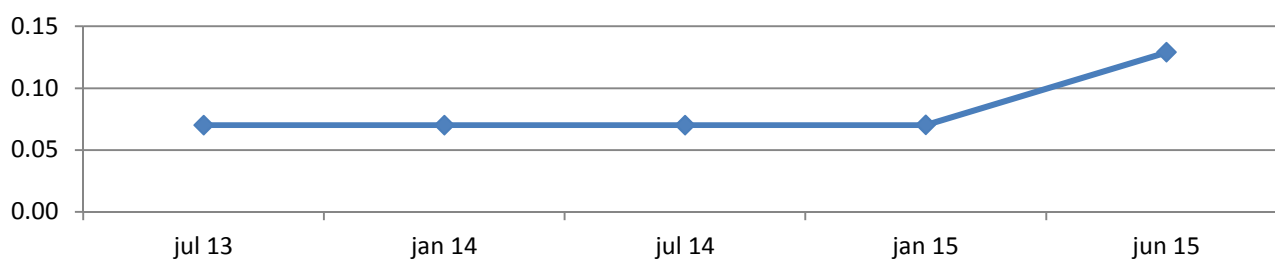
Arsenic

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



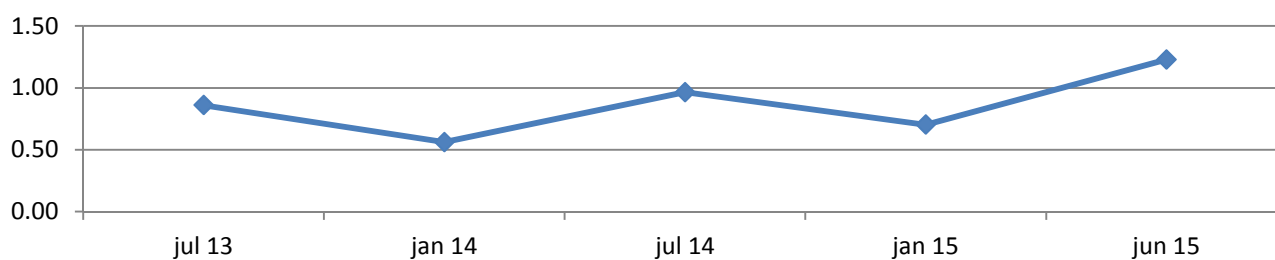
Cadmium

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



Chrome

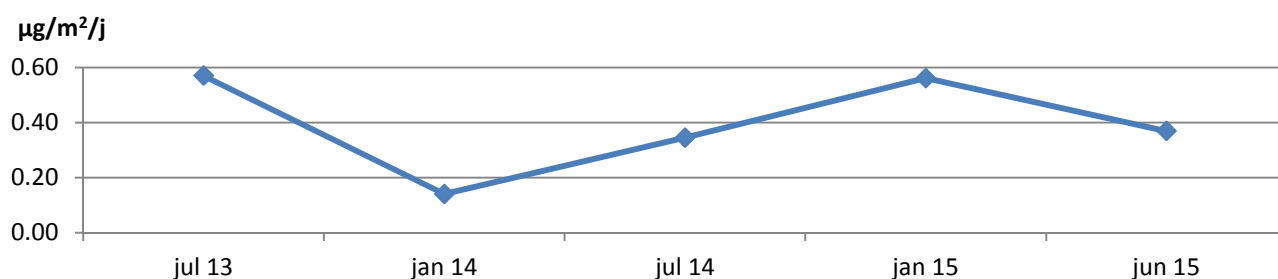
$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$



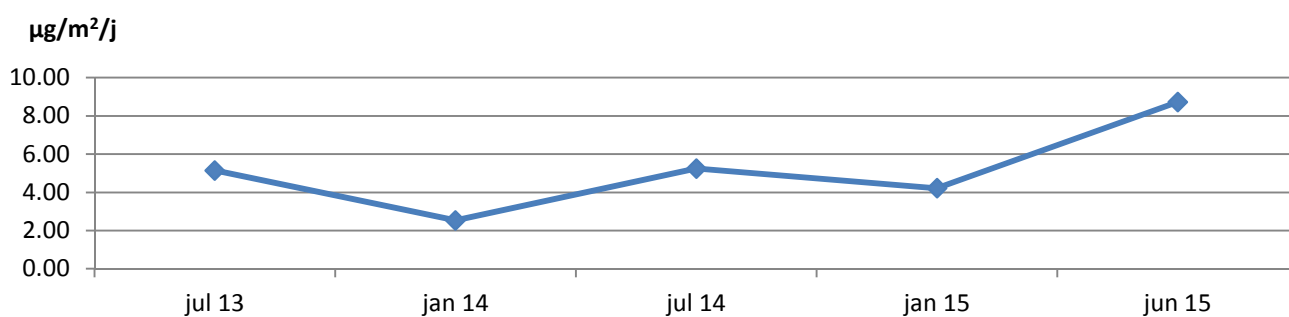
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 15 – SDV OUDALLE

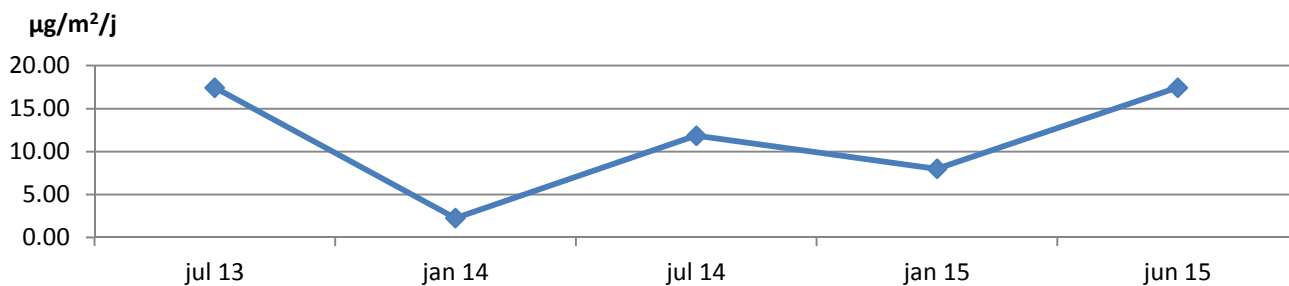
Cobalt



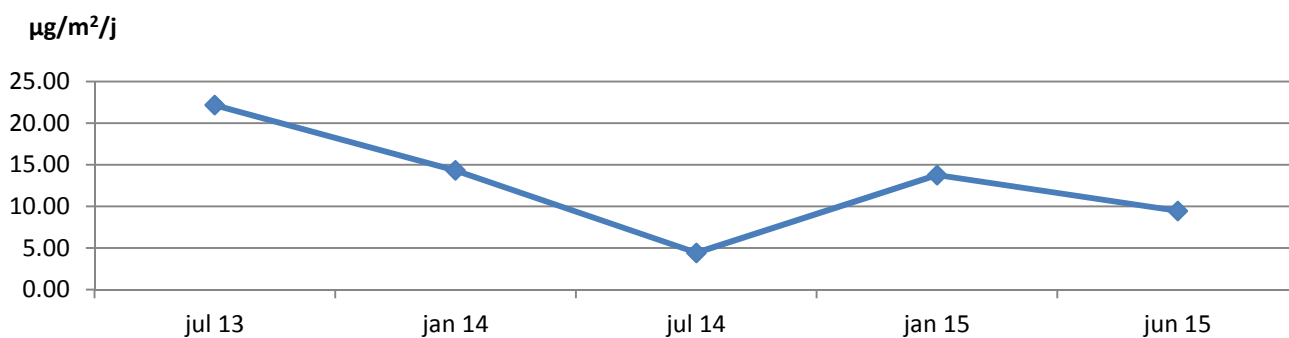
Cuivre



Manganèse



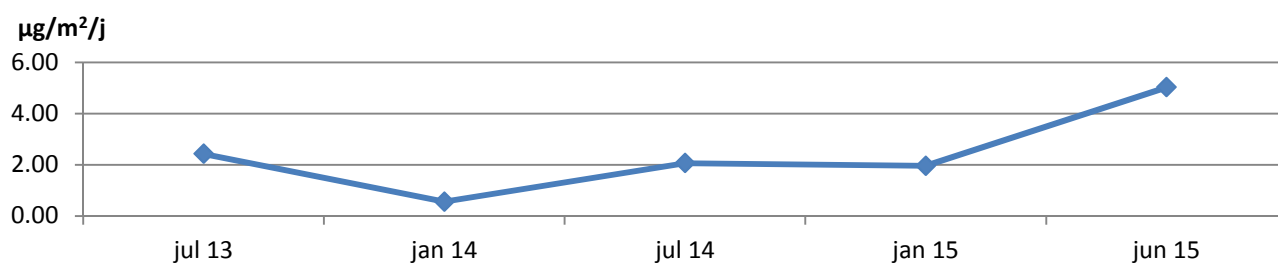
Nickel



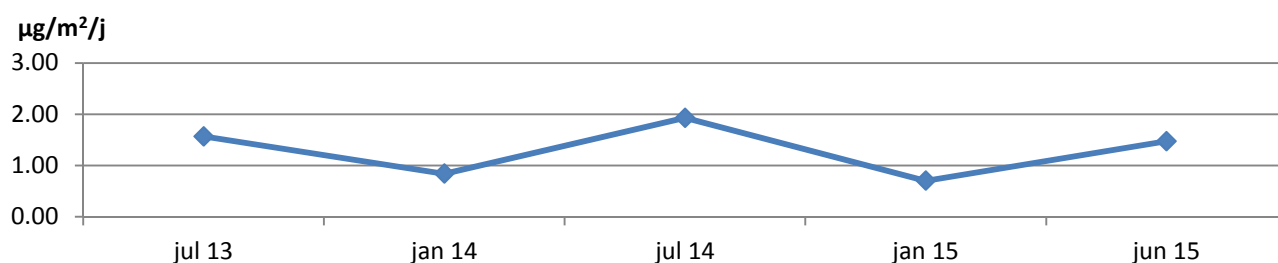
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 15 – SDV OUDALLE

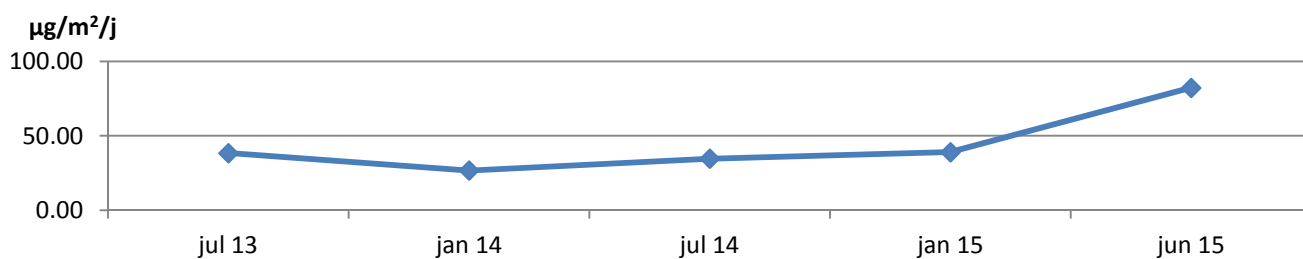
Plomb



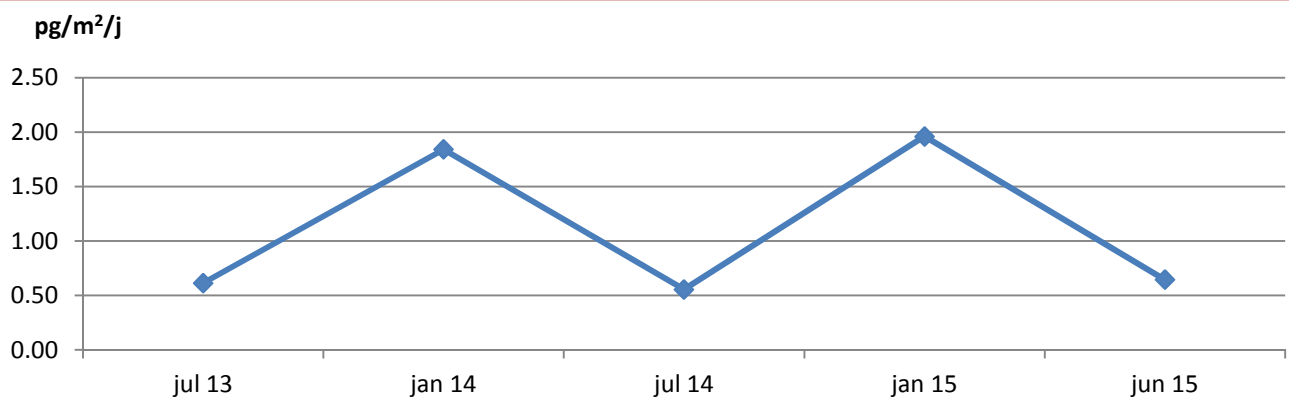
Vanadium



Zinc

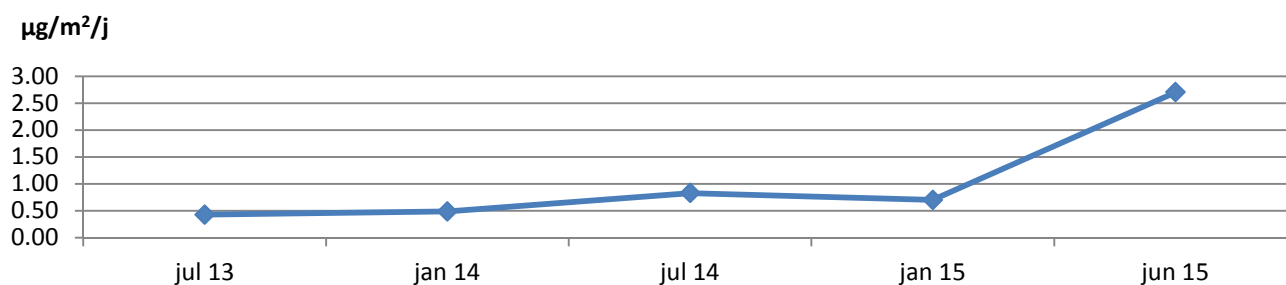


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

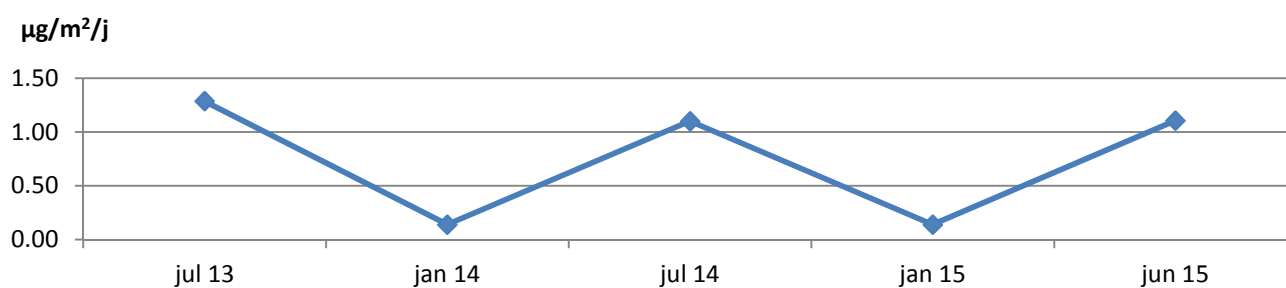


Site 16 – FRANCE LIANTS

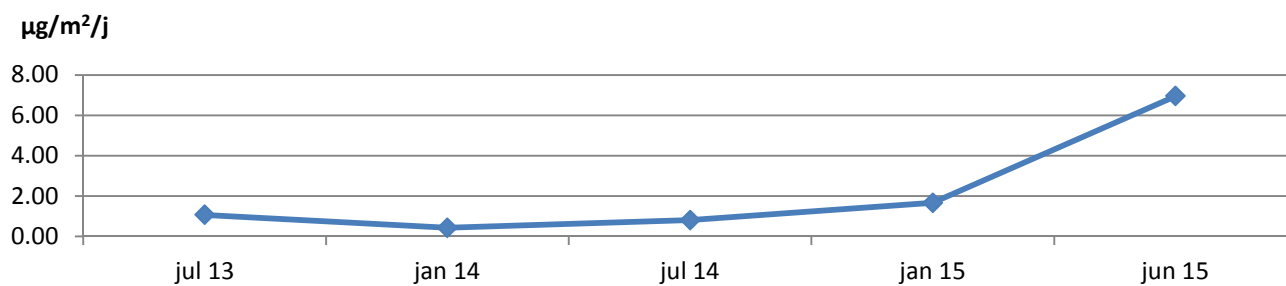
Antimoine



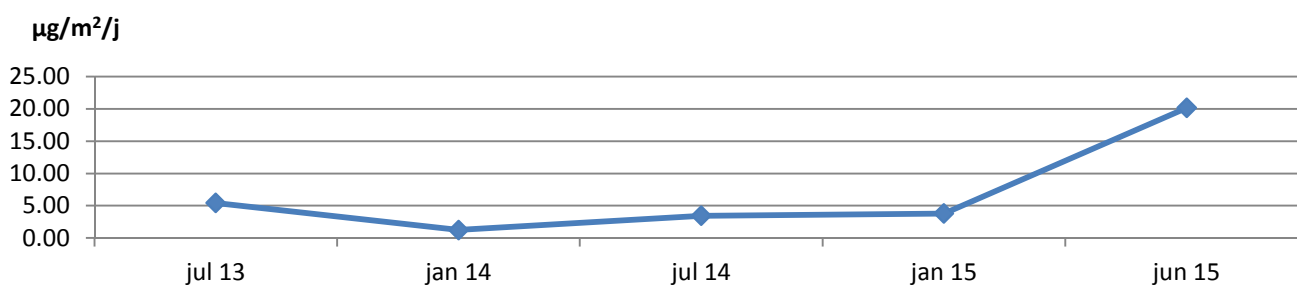
Arsenic



Cadmium



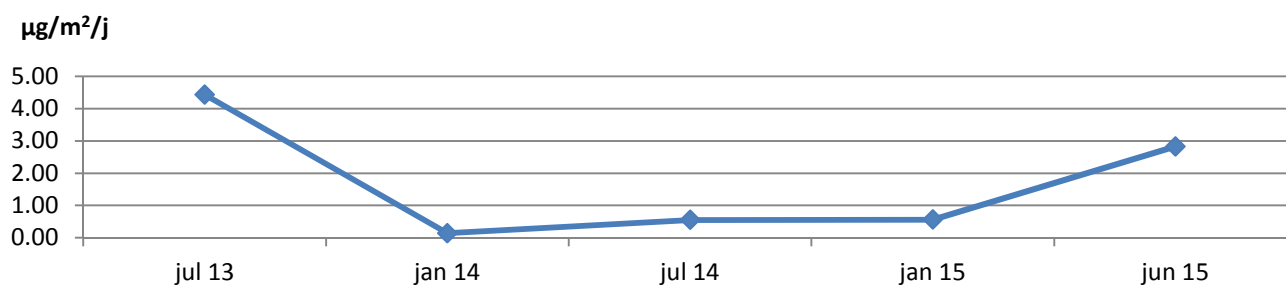
Chrome



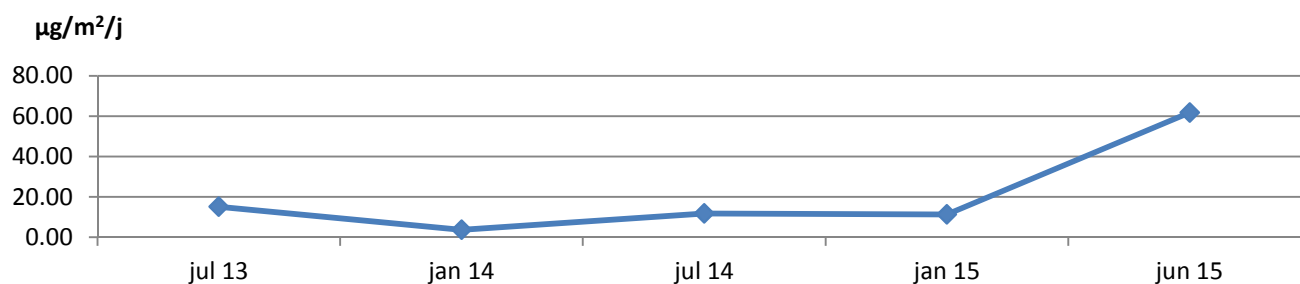
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 16 – FRANCE LIANTS

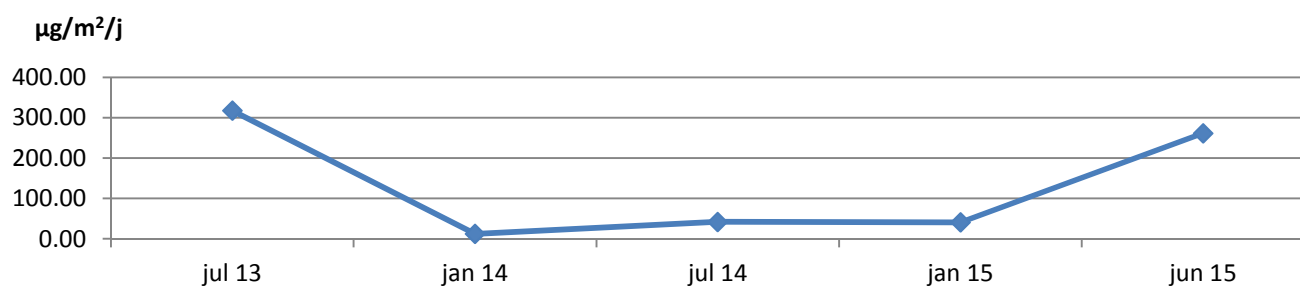
Cobalt



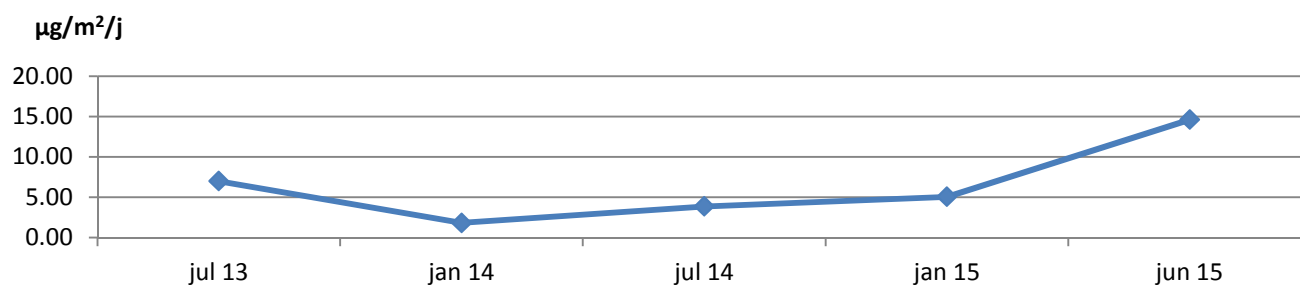
Cuivre



Manganèse



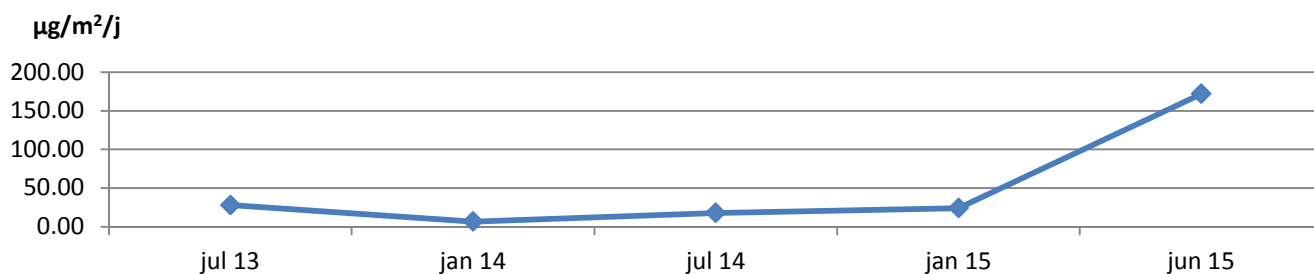
Nickel



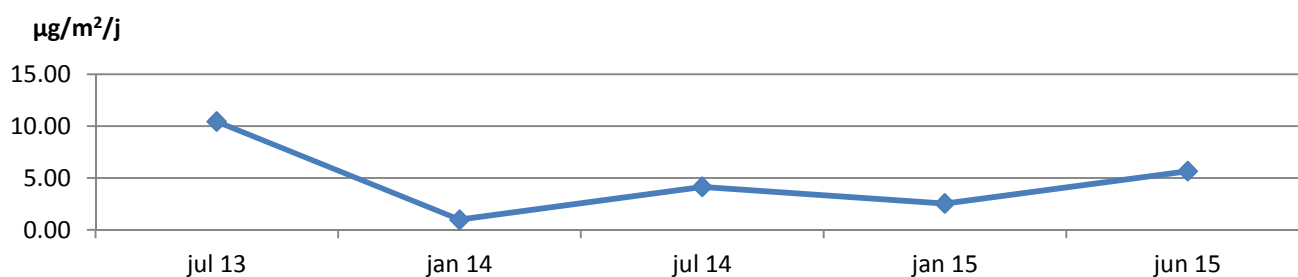
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 16 – FRANCE LIANTS

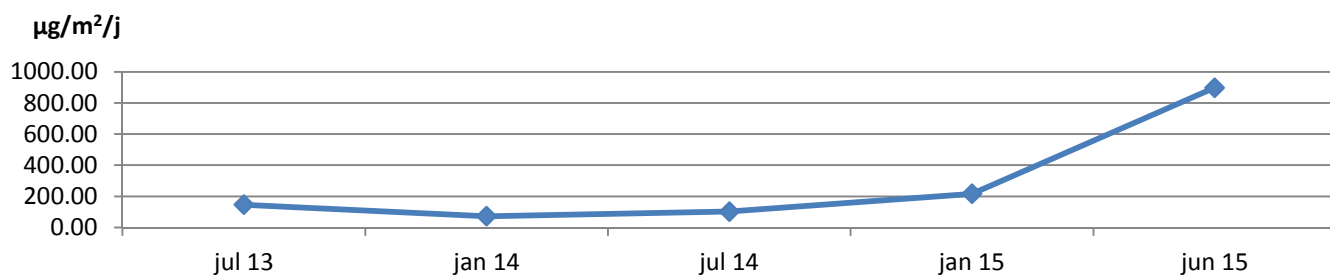
Plomb



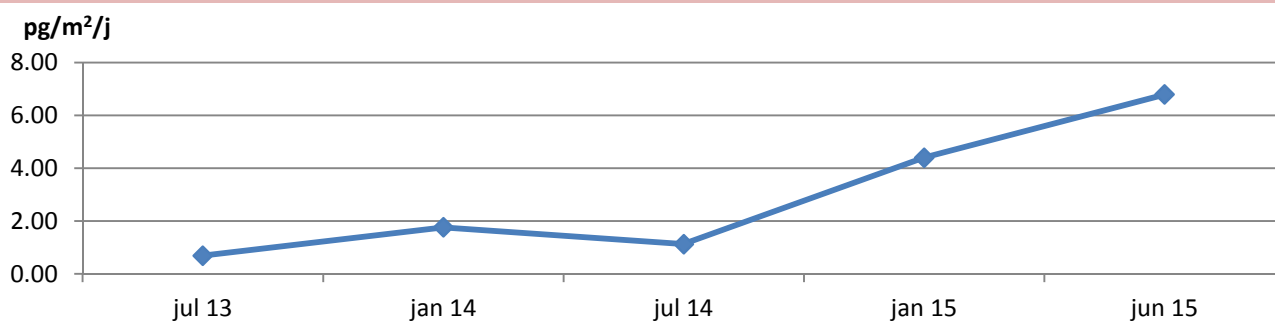
Vanadium



Zinc



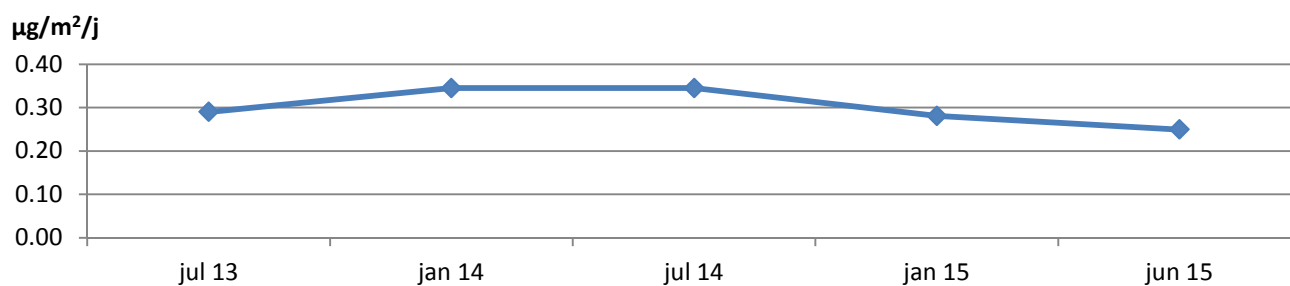
Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



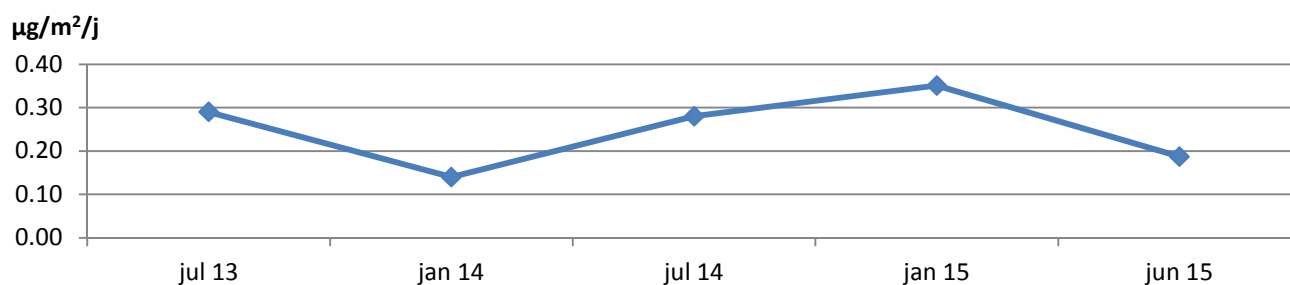
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 17 – OSILUB

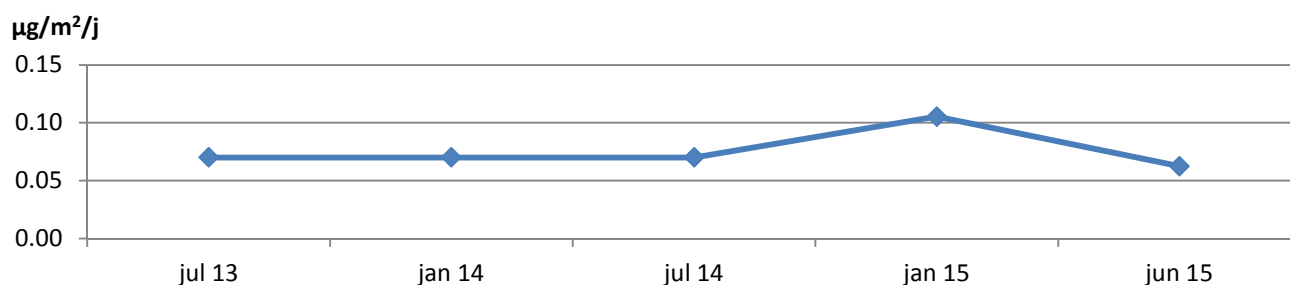
Antimoine



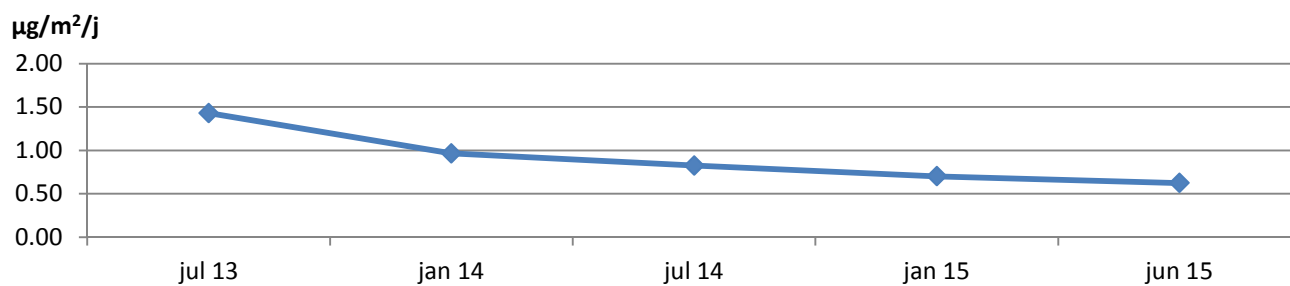
Arsenic



Cadmium



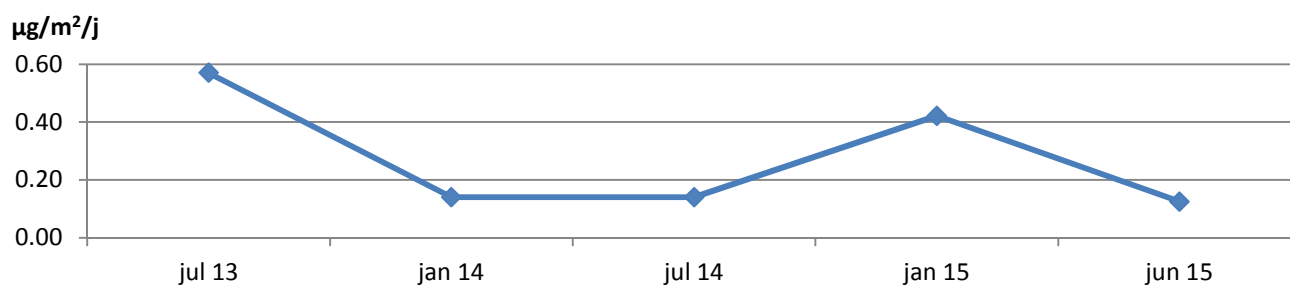
Chrome



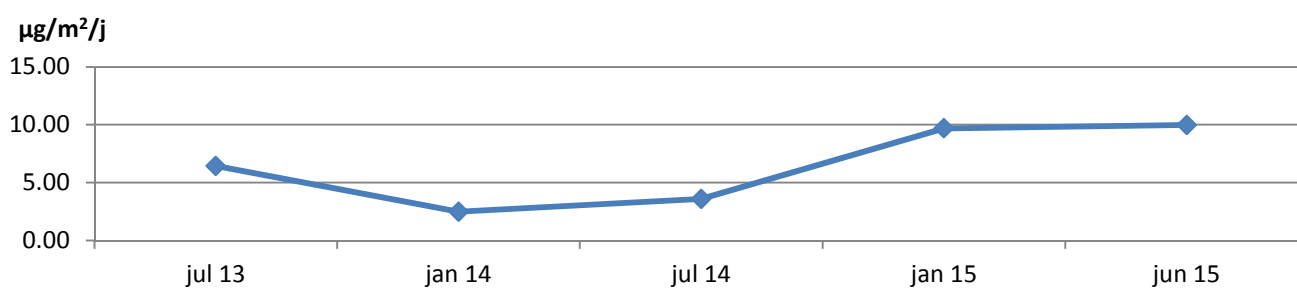
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 17 – OSILUB

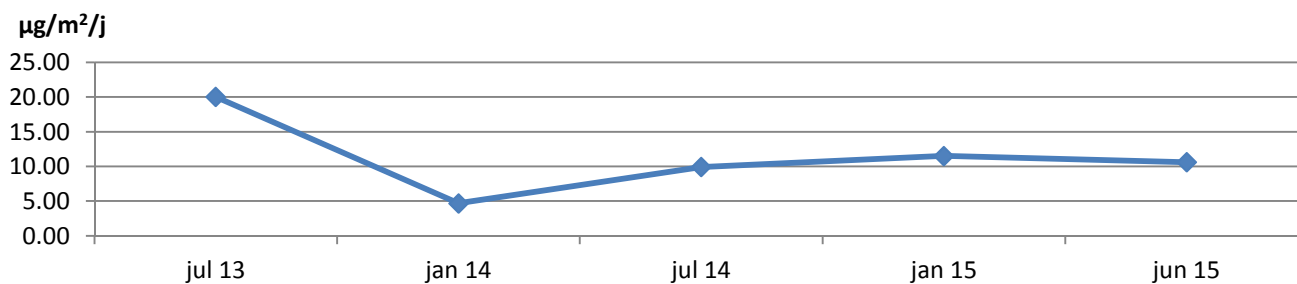
Cobalt



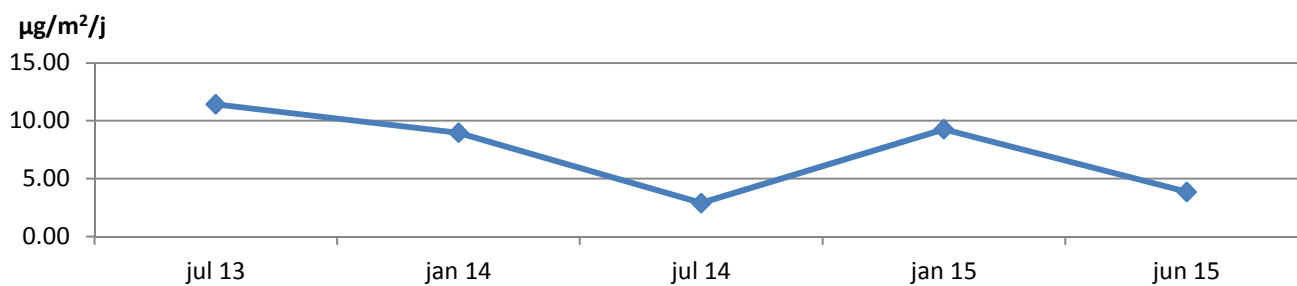
Cuivre



Manganèse



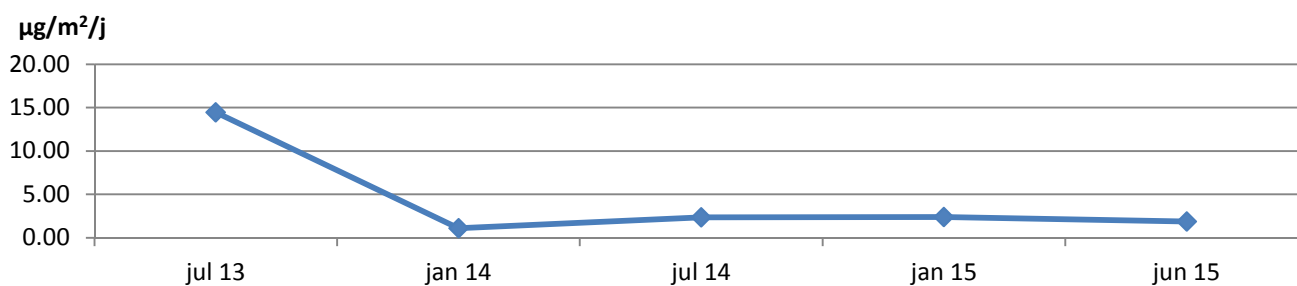
Nickel



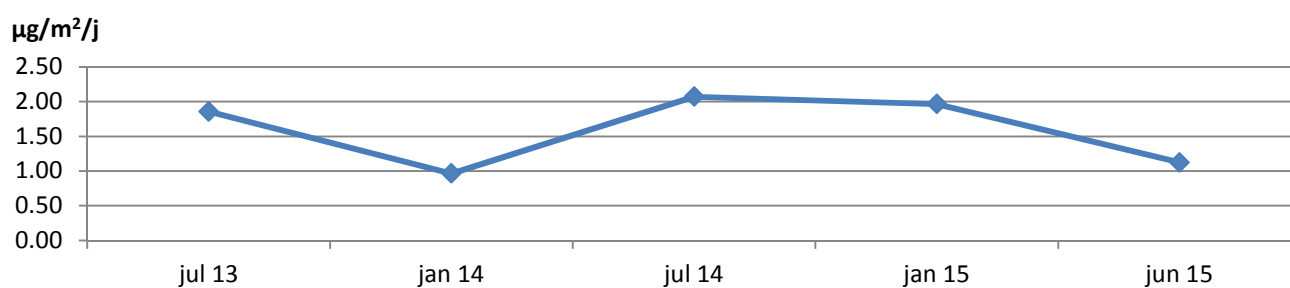
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 17 – OSILUB

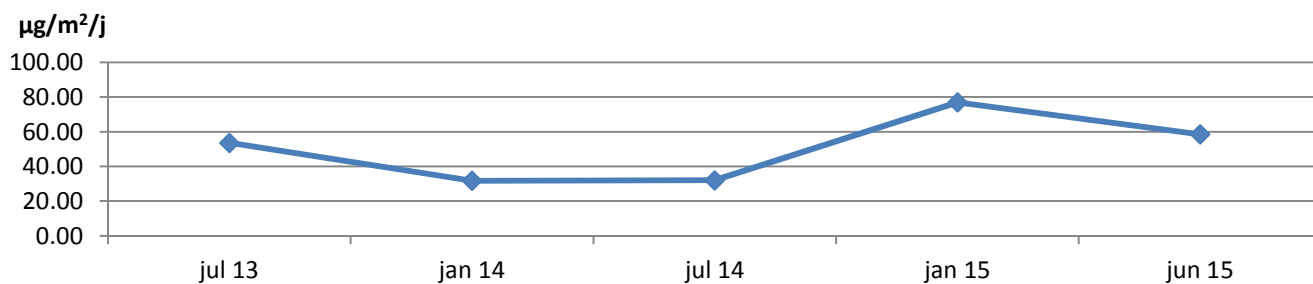
Plomb



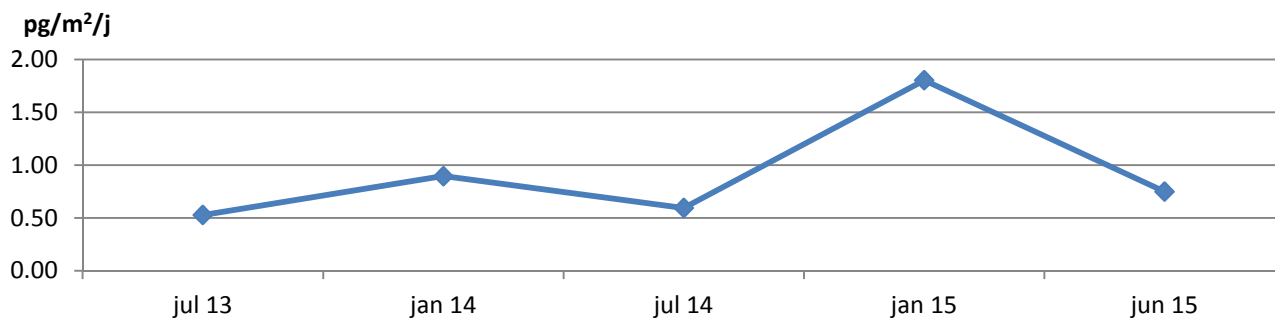
Vanadium



Zinc

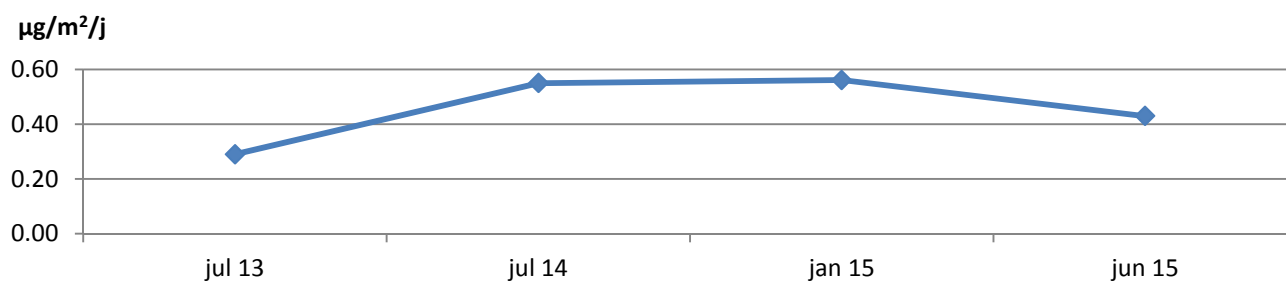


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

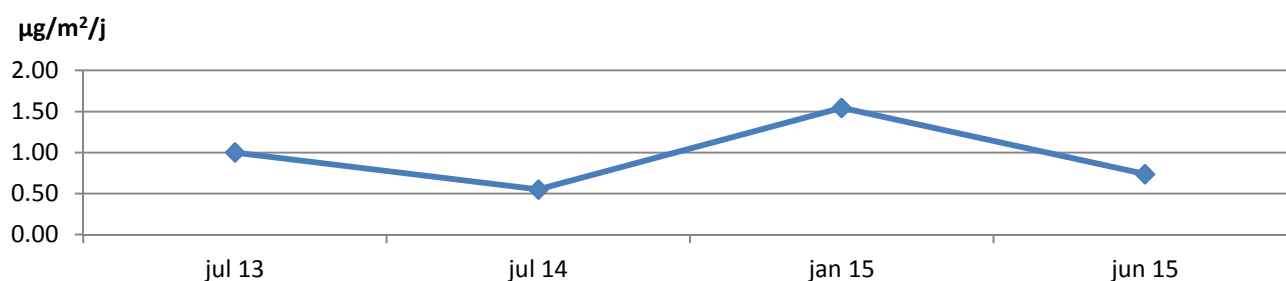


Site 18 – CHEVRON

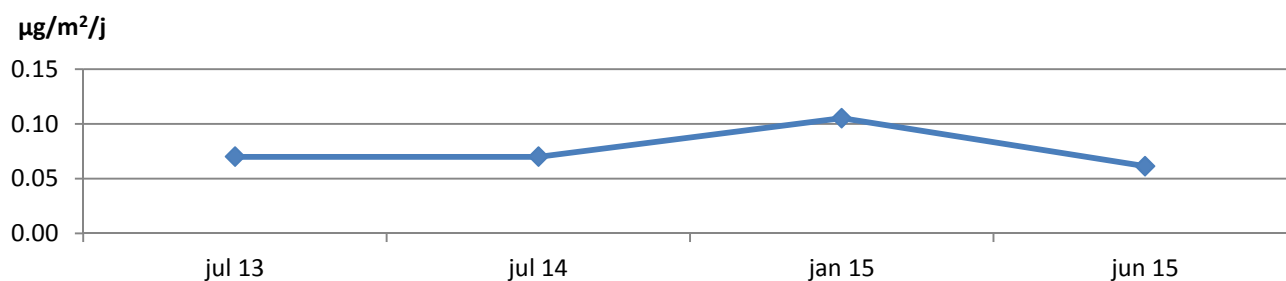
Antimoine



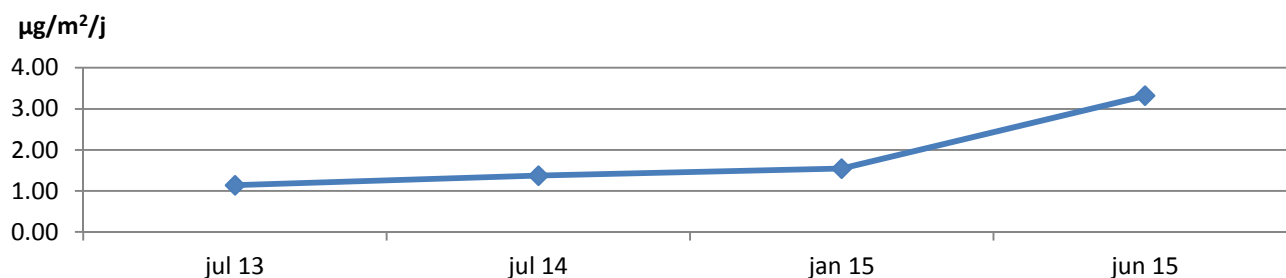
Arsenic



Cadmium



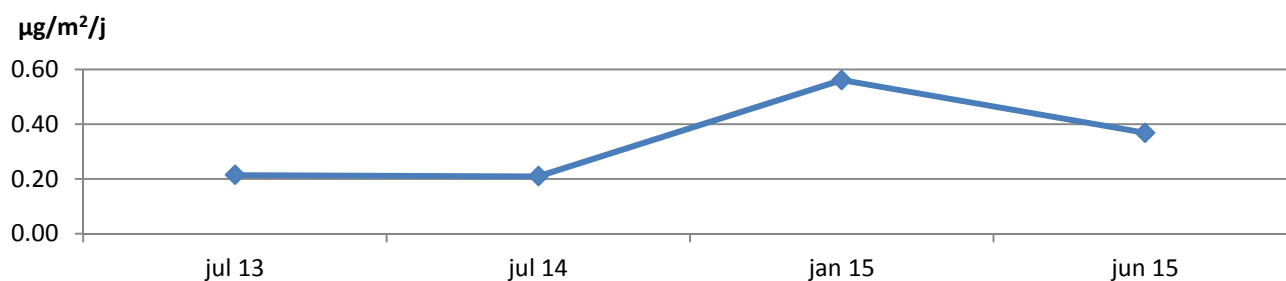
Chrome



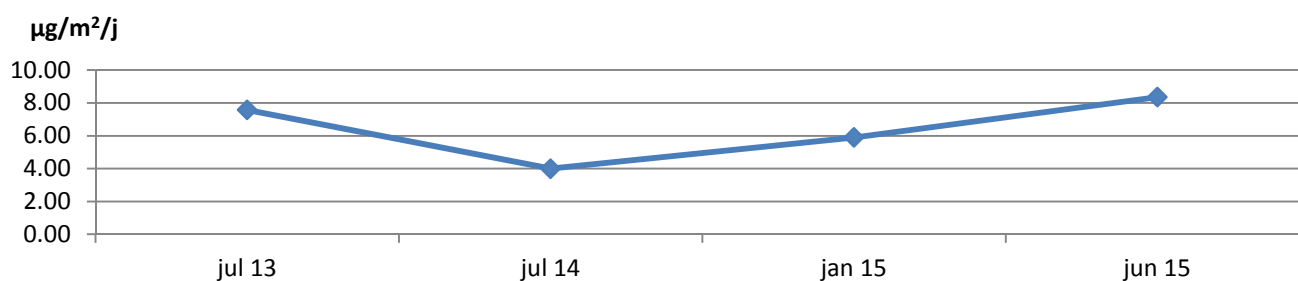
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 18 – CHEVRON

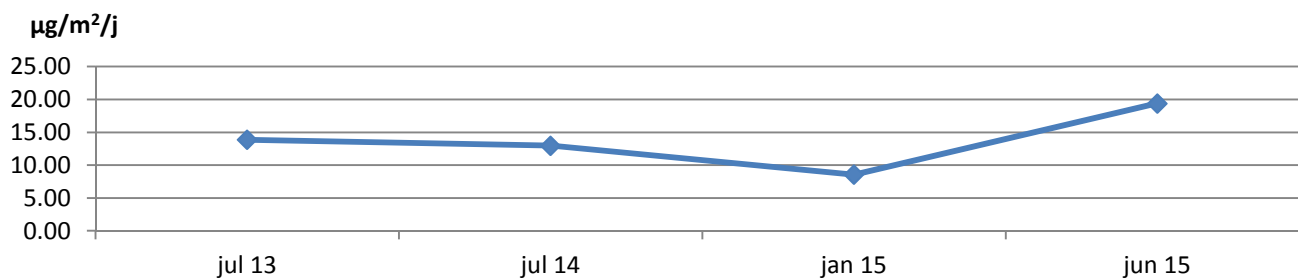
Cobalt



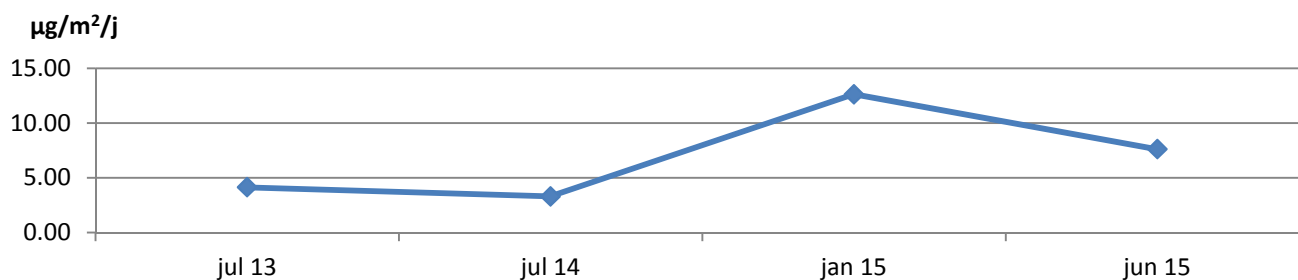
Cuivre



Manganèse



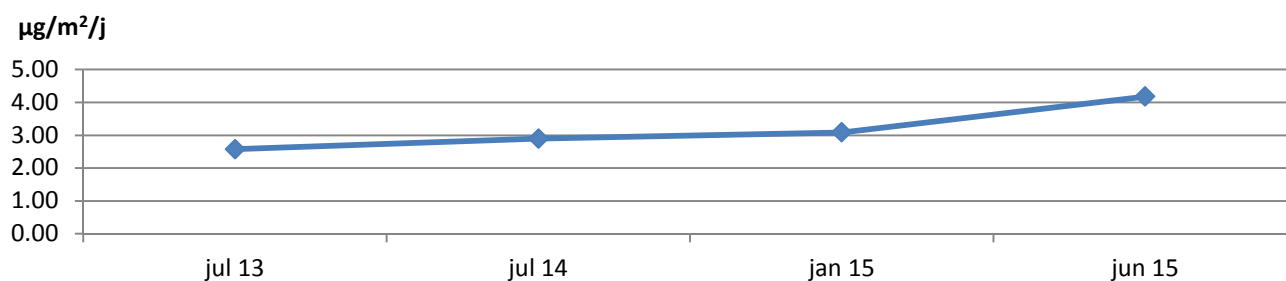
Nickel



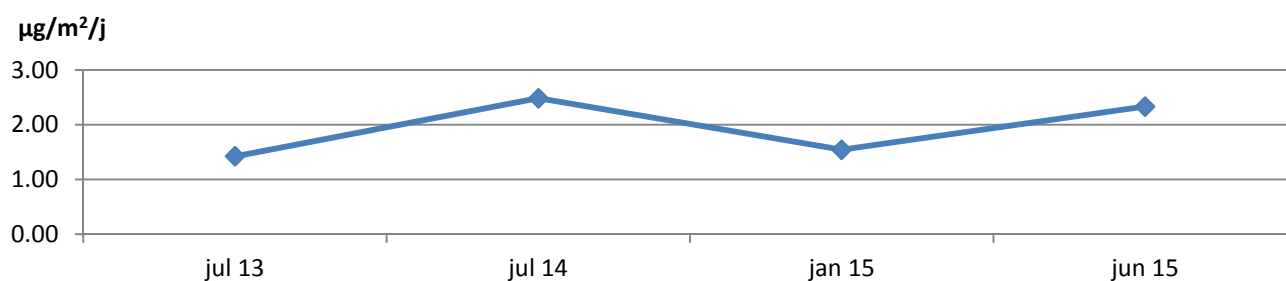
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 18 – CHEVRON

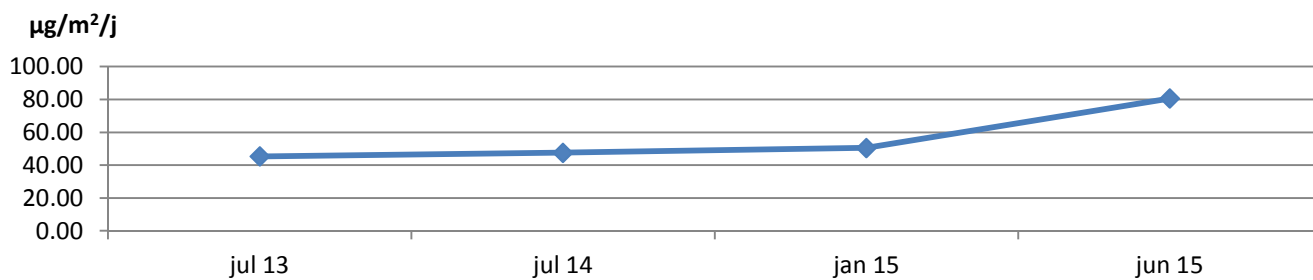
Plomb



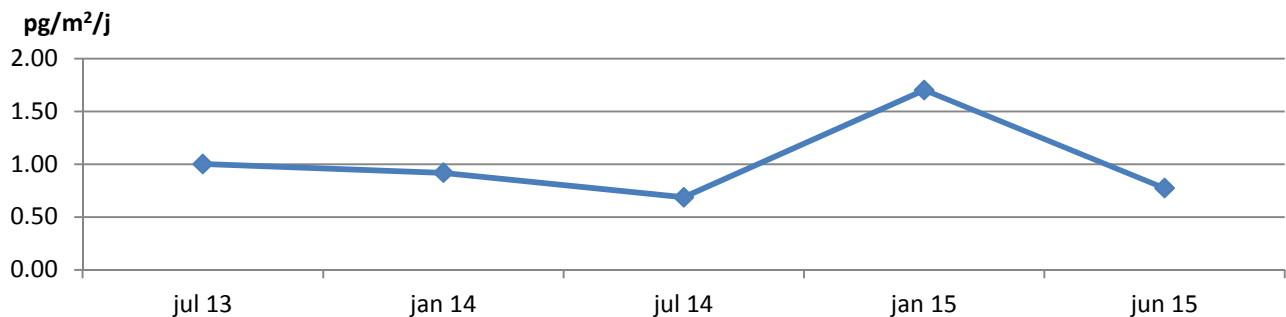
Vanadium



Zinc

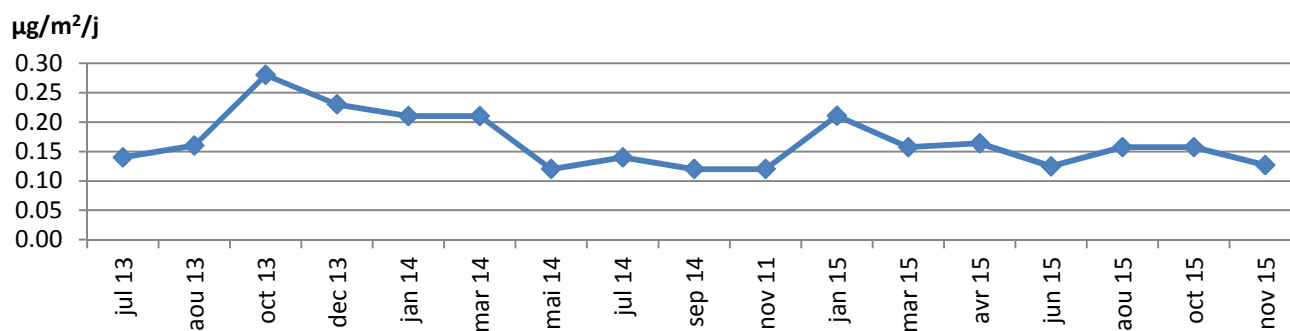


Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)

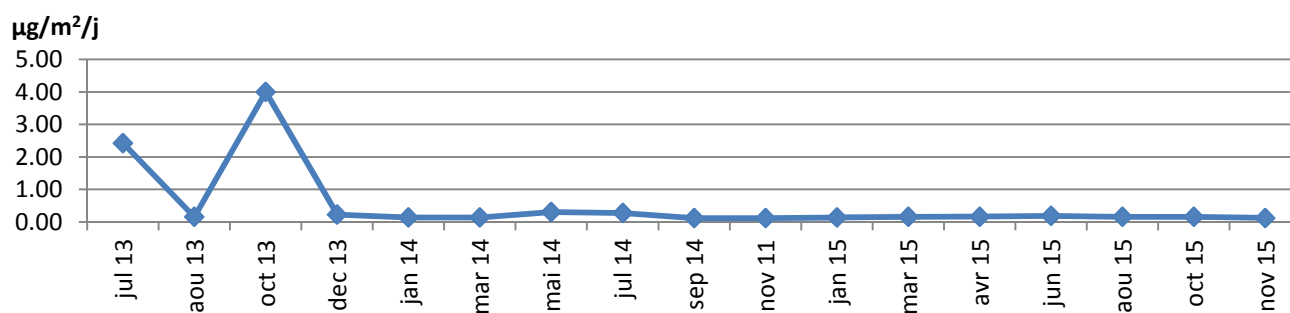


Site 19 – MAISON DU PARC DE BROTONNE

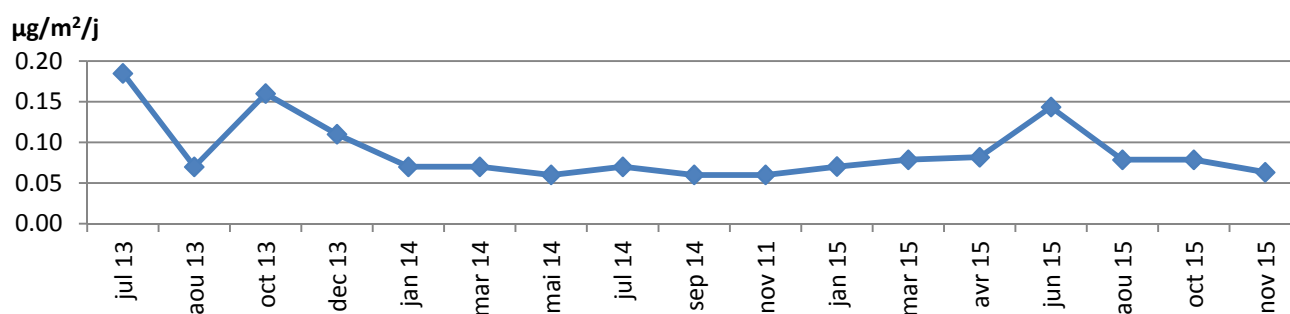
Antimoine



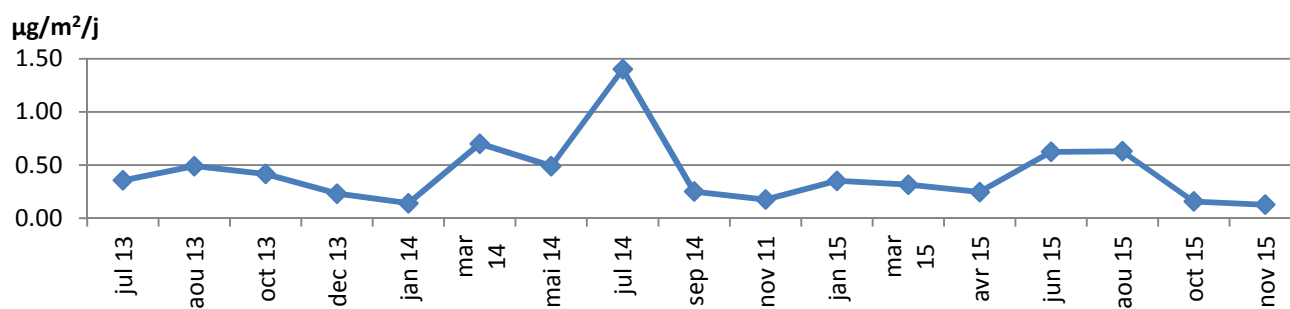
Arsenic



Cadmium

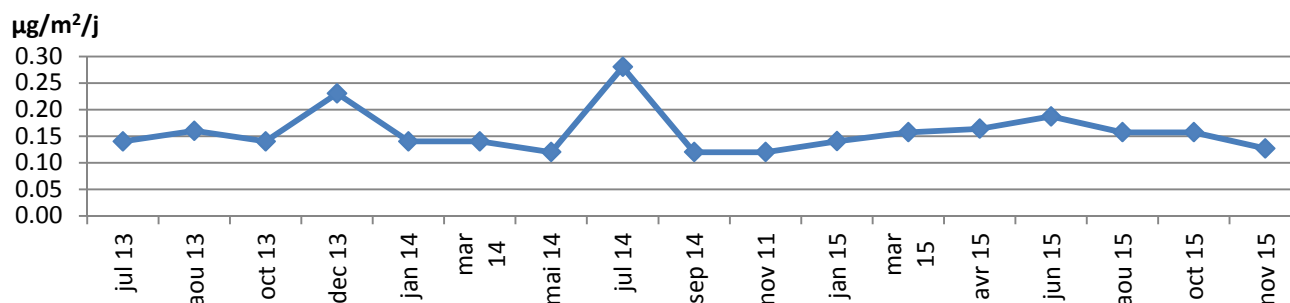


Chrome

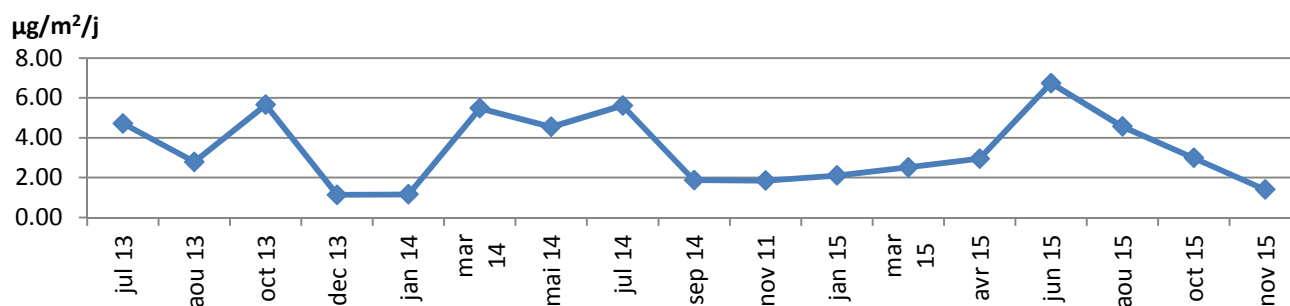


Site 19 – MAISON DU PARC DE BROTONNE

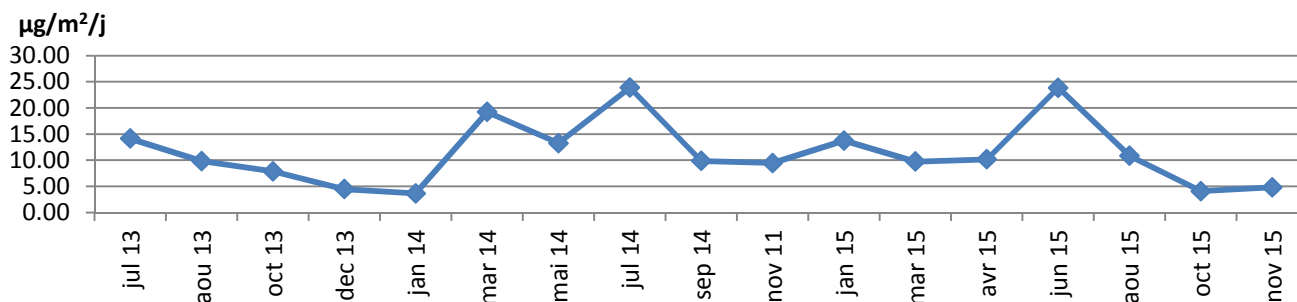
Cobalt



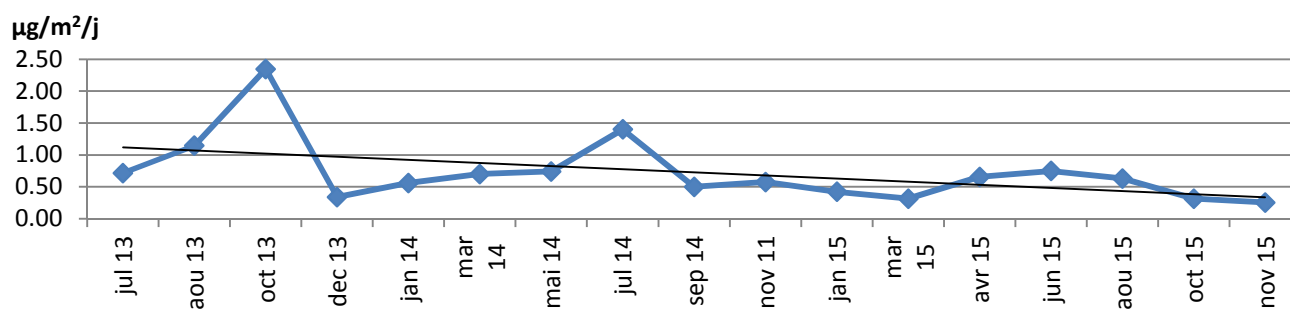
Cuivre



Manganèse



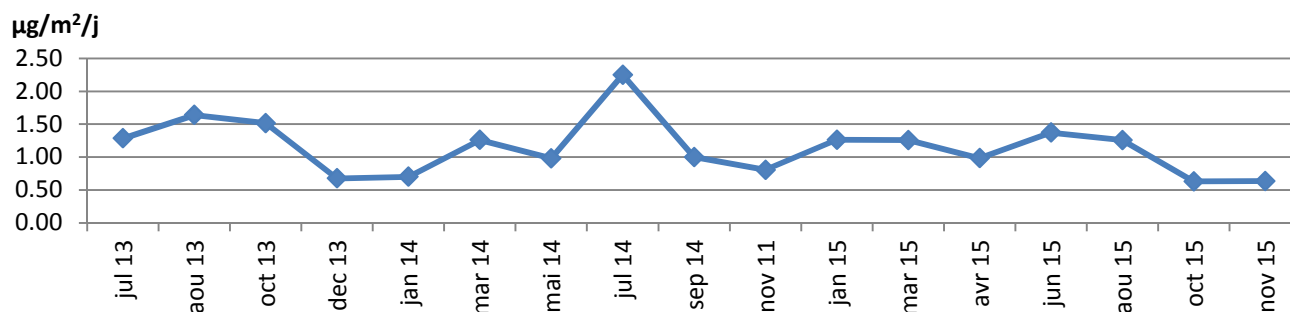
Nickel



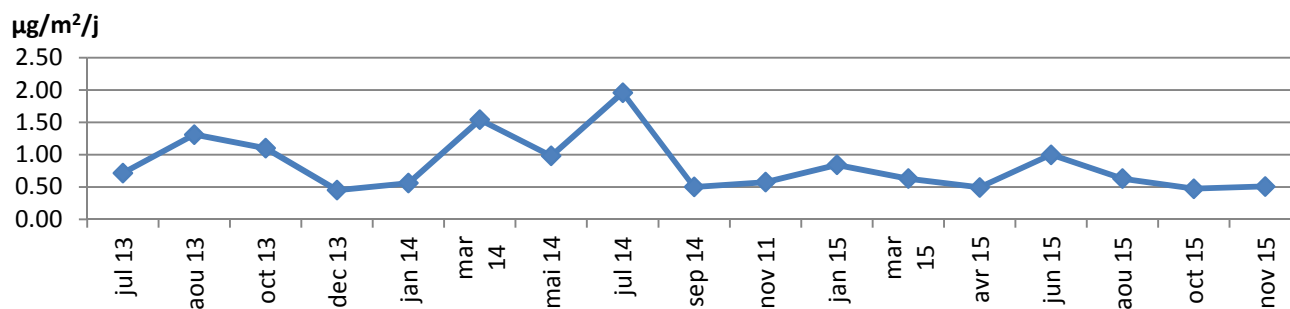
Annexe 1 suite – Historique des jauges par site (évolution entre 2013 et 2015)

Site 19 – MAISON DU PARC DE BROTONNE

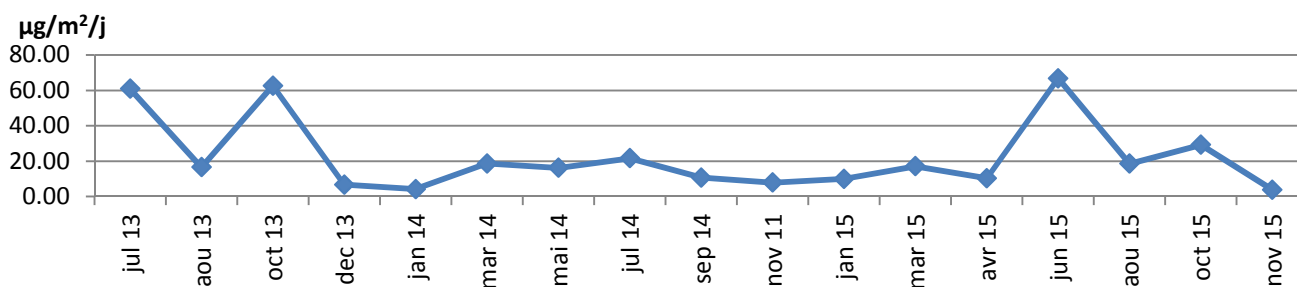
Plomb



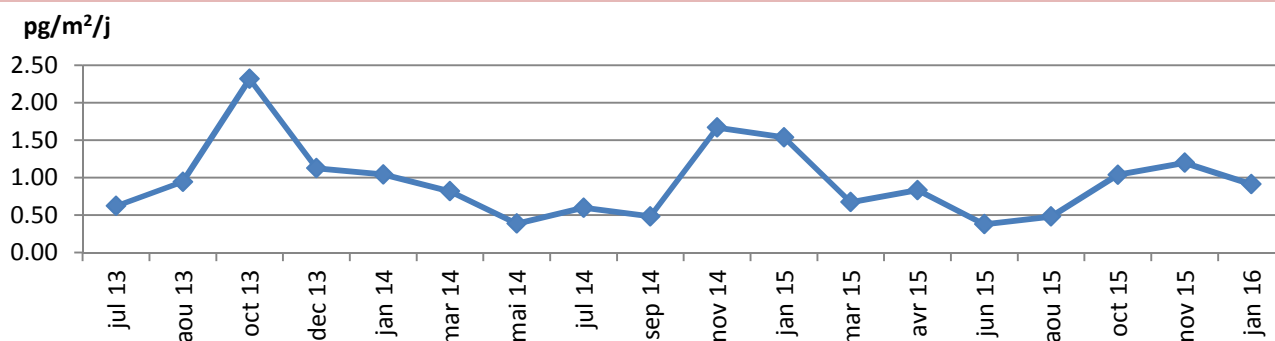
Vanadium



Zinc



Dioxines et furanes (TEQ OMS 2005)



8.1.2. Annexe 2 - Résultats des mesures dans les lichens sur le secteur d'étude (données Air Lichens) sur la période 2013-2014

	Nom station		Date	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD/F
1	AURH	S1.L15	2013	1.00	1.05	0.10	1.80	0.25	16.60	0.09	34.00	2.60	11.00	2.66	81.80	1.7
	AURH		2014	1.22	0.87	0.10	2.60	0.36	34.70	0.10	32.00	3.50	24.00	3.62	75.00	2.8
2	Ste Cécile	S2.L9	2013	0.78	0.67	0.05	2.80	0.31	11.50	0.09	30.00	2.90	2.90	3.84	42.60	2.4
	Ste Cécile		2014	0.66	0.61	0.10	1.70	0.25	9.00	0.06	56.00	1.90	3.00	1.98	46.00	2.0
3	Caucriauville	S3.L19	2013	2.02	1.40	0.22	4.00	0.62	19.60	0.12	42.00	4.40	14.00	5.33	127.80	3.2
	Caucriauville		2014	3.15	2.32	0.19	7.20	0.83	34.30	0.20	33.00	7.80	20.00	9.36	96.00	4.1
4	Octeville	s4.L20	2013	0.42	1.26	0.16	3.10	0.63	6.90	0.11	68.00	2.90	10.00	4.51	213.50	1.2
	Octeville		2014	0.56	2.27	0.15	8.20	1.31	16.70	0.08	100.00	6.20	15.00	7.93	356.00	1.4
5	Gain Malo	s5.L17	2013	0.69	1.37	0.58	5.90	1.22	19.60	0.02	70.00	8.90	9.00	7.77	158.60	0.8
	Gain Malo		2014	2.81	2.22	0.52	8.20	1.93	30.40	0.08	76.00	16.70	15.00	13.26	195.00	2.3
6	Collège Courbet	s6.L18	2013	0.90	1.48	0.16	1.70	0.27	10.30	0.11	58.00	4.30	4.20	5.94	93.30	3.5
	Collège Courbet		2014	0.45	0.54	0.09	0.70	0.07	7.31	0.02	43.00	1.60	2.00	1.53	60.00	4.0
7	Ecole Rogerville	s7.L16	2013	0.26	1.13	0.31	6.10	0.93	4.80	0.07	160.00	5.10	7.00	11.02	180.20	1.5
	Ecole Rogerville		2014	0.40	1.11	0.25	3.50	0.91	10.26	0.08	71.00	7.90	10.00	7.78	246.00	2.7
8	Sandouville	L1	2013	0.38	1.24	0.27	7.4	1.62	7.8	0.07	78	9.7	7	8.7	54	1.1
	Sandouville		2014	0.25	0.96	0.3	4.2	1.01	7.3	0.07	91	5.9	7	4.80	63.00	1.3
9	Ymonville	s9.L21	2013	0.26	1.07	0.26	2.80	0.71	5.90	0.09	66.00	5.00	4.80	3.57	218.50	2.3
	Ymonville		2014	0.41	0.87	0.20	3.30	0.51	9.38	0.09	38.00	4.10	4.00	3.01	50.00	1.3
10	D80-La Vallée	L5	2013	0.39	0.73	0.51	4.2	2.7	7.5	0.07	22	5.5	32	4.4	99	1.3
	D80-La Vallée		2014	0.56	1.11	0.25	5.8	3.28	7	0.06	33	7.9	54	4.60	232.00	1.1
11	Mortemer	L2	2013	1.68	1.23	0.56	5.7	1.29	14.6	0.11	74	14	8	6.7	120	1.9
	Mortemer		2014	1.48	1.48	0.33	4.2	1.09	14.6	0.11	61	14.8	9	4.40	118.00	2.1
12	Alizées	L4	2013	2.98	1.28	0.43	7.9	2.08	20.3	0.41	40	71.4	11	8.3	141	5.6
	Alizées		2014	1.34	0.82	0.36	3.6	1.54	14.9	0.24	31	62.2	5	3.20	101.00	2.4
13	XP LOG	s13.L10	2013	1.64	1.64	0.62	10.10	1.87	19.80	0.22	92.00	20.40	16.00	10.80	217.10	3.4
	XP LOG		2014	1.31	1.41	0.50	6.10	1.06	18.10	0.13	80.00	12.30	14.00	5.89	171.00	2.8
14	Bac d'Oudalle	L8	2013	0.46	0.85	0.2	2.7	0.52	8.3	0.09	36	12.3	4	4.3	58	2.1
	Bac d'Oudalle		2014	0.61	1.22	0.34	2.6	0.81	9.5	0.1	78	14.9	6	3.70	104.00	3.5
15	RIO	L7	2013	2.44	2.04	0.62	8.1	2.33	19.9	0.15	77	34.6	12	10.9	170	2.2
	RIO		2014	1.93	1.74	0.77	7.5	1.93	20.9	0.05	106	35.7	14	6.90	204.00	0.8
16	Citron	s16.L13	2013	4.71	1.02	4.84	19.50	2.29	40.80	1.20	396.00	17.70	166.00	6.49	769.20	10.3
	Citron		2014	2.84	1.00	3.51	11.00	1.50	35.40	0.70	214.00	10.90	130.00	4.34	554.00	6.2
17	Osilub	s17.L11	2013	4.37	5.09	0.31	10.50	1.53	25.90	0.37	34.00	30.50	23.00	16.00	104.80	4.3
	Osilub		2014	6.18	2.84	0.35	13.20	2.03	48.10	0.13	58.00	41.50	30.00	11.05	300.00	1.0
18	Chevron	s18.L12	2013	3.22	0.13	0.26	7.10	1.56	28.70	0.13	51.00	28.70	22.00	11.04	147.70	3.0
	Chevron		2014	3.08	0.13	0.25	6.70	1.58	29.10	0.13	52.00	30.80	25.00	8.90	159.00	2.6
19	Brotonne	s19.L22	2013	0.07	0.26	0.03	0.70	0.07	5.50	0.02	17.00	1.40	1.80	1.75	24.60	2.4
	Brotonne		2014	0.27	0.37	0.05	0.9	0.07	6.6	0.07	21	1.3	2	1.27	31	2.6

TI < LQ

Tableau 12 : Résultats dans les lichens de 2013 à 2014 (source : Air Lichens)

8.1.3. Annexe 3 - Résultats des mesures dans les bryophytes sur le secteur d'étude (données Biomonitor) sur la période 2013-2014

	Nom station	Date	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PCDD/F
1	AURH	2013	0.31	0.39	0.19	3	0.35	12.9	0.05	41	4	12.3	2.1		0.59
	AURH	2014	0.24	0.3	0.18	1.1	0.58	12	0.05	40	3.1	8.5	1.8	59	0.33
2	Ste Marie	2013	0.07	0.43	0.07	1.5	0.29	7.4	0.03	108	2.8	5.2	1.9		0.28
	Ste Marie	2014	0.07	0.76	0.11	2.1	0.65	8.2	0.02	113	2.5	5.7	2.8	48	0.39
3	Caucriauville	2013	0.07	0.45	0.1	1.6	0.27	9.4	0.05	34	2	3.7	1.9		0.23
	Caucriauville	2014	0.07	0.33	0.13	1	0.2	7.7	0.03	29	1.2	2	1.2	47	0.23
4	Ferme Guilet	2013	0.07	0.5	0.14	1.9	0.34	6.2	0.03	275	1.8	5.1	2.1		0.20
	Ferme Guilet	2014	0.07	0.39	0.28	1.3	0.32	5.6	0.02	271	1.5	7.8	1.8	52	0.41
5	GAEC Malo	2013	0.07	0.46	0.07	1.7	0.38	5.7	0.02	272	2.3	2.6	2.4		0.18
	GAEC Malo	2014	0.07	0.34	0.11	1.2	0.33	4.7	0.02	114	1.7	1.9	2	28	0.23
6	Collège Courbet	2013	0.07	0.93	0.09	2.6	0.72	7.3	0.03	143	3	8.4	4		0.44
	Collège Courbet	2014	0.07	0.34	0.1	1	0.33	5.5	0.02	135	1.8	4.8	2.1	64	0.26
7	Ecole Rogerville	2013	0.07	0.34	0.09	1.2	0.37	7.6	0.03	771	3.3	3.7	2.3		0.38
	Ecole Rogerville	2014	0.07	0.45	0.15	1.5	0.47	6.7	0.02	484	2.6	2.8	2.1	42	0.31
8	Château d'eau	2013	0.07	0.28	0.11	1.2	0.32	6.1	0.03	403	3.5	2.5	1.6		0.12
	Château d'eau	2014	0.07	0.23	0.15	0.9	0.24	5.1	0.02	416	2.7	1.3	1.1	46	0.26
9	Stade municipal	2013	0.07	0.69	0.09	2.5	0.62	6.3	0.03	122	2.9	3.7	3.1		0.20
	Stade municipal	2014	0.07	0.62	0.15	2	0.62	5.2	0.02	309	2.5	2.5	2.7	38	0.28
10	Etangs de la Vallée	2013	0.07	0.32	0.09	1.5	0.21	5.4	0.02	25	2.1	3.3	1.9		
	Etangs de la Vallée	2014	0.07	0.32	0.11	1.2	0.3	3.9	0.02	22	2.1	1.6	1.5	25	0.15
11	Restau Gabion d'Or	2013	0.07	1.04	0.18	3.4	0.89	7.8	0.04	98	5.3	4.5	4.2		0.19
	Restau Gabion d'Or	2014	0.07	0.52	0.1	2	0.57	6.2	0.02	80	2.5	2.5	2.3	35	0.27
12	Ouest usine Lafarge/APAVE	2013	0.26	0.27	0.1	2	0.89	6.8	0.05	56	28	4.3	2.5		1.62
	Ouest usine Lafarge/APAVE	2014	0.13	0.24	0.14	1.5	0.47	6.9	0.05	44	8.6	2.3	1.8	46	0.48
13	XP LOG	2013	0.49	0.19	0.32	1.8	0.29	8.5	0.04	25	5.4	7.8	2.5		0.50
	XP LOG	2014	0.68	0.25	0.32	3.2	0.4	11.9	0.02	31	3.6	3.9	3	83	0.82
14	Bac d'Oudalle	2013	0.07	0.77	0.08	2.6	0.51	6.7	0.08	66	4.5	5.1	3.3		0.69
	Bac d'Oudalle	2014	0.07	0.44	0.11	1.4	0.46	5.2	0.04	45	4.1	2.6	1.8	41	0.25
15	SDV	2013	0.2	0.73	0.1	2.3	0.76	6.5	0.1	55	15.7	5.3	2.9		1.74
	SDV	2014	0.27	0.37	0.17	2.1	0.62	7.6	0.05	38	11.6	3.6	2.4	58	0.70
16	France Liants	2013	1.11	0.25	2.9	4.2	0.64	18.4	0.67	114	6.2	29.3	2.7		2.03
	France Liants	2014	0.81	0.39	3.46	6.2	0.84	17.8	0.42	174	8	32.6	3.3	306	2.38
17	Osilub	2013	0.22	0.42	0.16	1.6	0.49	8.5	0.06	29	9.4	5.8	2.7		0.27
	Osilub	2014	0.17	0.26	0.23	1.2	0.25	6.5	0.03	19	4	3.2	1.7	50	0.42
18	Chevron Oronite	2013	0.2	0.79	0.12	1.7	0.33	15.3	0.05	42	6.3	5.9	2.6		0.63
	Chevron Oronite	2014	0.19	0.45	0.3	1.3	0.26	10.8	0.02	29	3.9	3.5	1.9	76	0.42
19	Maison Parc Brotonne	2013	0.07	0.27	0.11	1.1	0.16	5.3	0.03	267	1	3.6	1.4		1.24
	Maison Parc Brotonne	2014	0.07	0.25	0.17	0.8	0.26	4.4	0.02	192	0.7	2.5	1	33	0.90

TI < LQ

Tableau 13 : Résultats dans les bryophytes de 2013 à 2014 (source : Biomonitor)

8.2. Bibliographie

- [I] AIR NORMAND " Mesure des retombées atmosphériques des métaux et des dioxines furanes dans l'agglomération de Rouen autour des incinérateurs Vesta, Emeraude et Triadis Services " sur les années 2009 à 2015 - Rapports d'études : 08-18-10, 10-09-11, 11-02-12, 12-01-13, 1202-011, 1202-022 (téléchargeables sur www.airnormand.fr),
- [II] AIR NORMAND - Rapport d'étude n° E 08_21_09, «Mesures de retombées : études des données existantes et projet de mutualisation » téléchargeable sur www.airnormand.fr
- [III] INERIS et BRGM - Rapport d'étude n° DRC-13-136338-06193C - "Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux,"- 2014
- [IV] INERIS - «Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM » DURIF 2001,
- [V] INERIS-DRC-11-118202-13893A Suivi de la composition chimique journalière des PM_{2,5} et PM₁₀ sur la station Petit Quevilly (agglomération de Rouen) d'Air Normand entre octobre 2010 et octobre 2011,
 - a. O. FAVEZ (LCSQA/INERIS), S. LEMEURE (Air Normand), J.-E. PETIT (INERIS et LSCE)
- [VI] LCSQA/INERIS – Programme CARA- Caractéristiques et origines principales des épisodes de pollution aux PM₁₀ hivernaux,
 - a. Favez, Bessagnet, Meleux, Chiappini, Verlhac, Petit, AASQAs, Piot, Besombes, Jaffrezo, Sciare, Rouil, Leoz
- [VII] INERIS – Rapport d'étude DRC-13-130712-02177A - Comparaison des protocoles de traitement des jauges Bergerhoff, 28/02/2013
- [VIII] ADEME – Museum national d'histoire naturelle – Pollution atmosphérique par les métaux en France, Dix ans de biosurveillance des retombées – 2013
- [IX] Aair Lichens – Surveillance des incinérateurs EMERAUDE – TRIADIS Services – VESTA sur la période 2009 à 2015 – Rapports : A10-361, A11-456, A12-532, A13-590, A14-714, A15-790, A16-869
- [X] INERIS – Evaluation de l'impact des appareils de chauffage domestique à bois sur la qualité de l'air intérieure et extérieure - 2008